

Antti-Pekka Pihlainen

Kalle Säippä

Lantio-alaraajaketjun toiminnallisten asennonhallinnan harjoitteiden vaikutus yhden jalan staattiseen tasapainoon, ketteryyteen ja koordinaatioon 13–14 -vuotiailla jalkapalloilijapoilla

Fysioterapian koulutusohjelma

2011

LANTIO-ALARAAJAKETJUN TOIMINNALLISTEN ASENNONHALLINNAN
HARJOITTEIDEN VAIKUTUS YHDEN JALAN STAATTISEEN
TASAPAINOON, KETTERYYTEEN JA KOORDINAATIOON 13-14
VUOTIAILLA JALKAPALLOILIJAPOJILLA

Pihlainen, Antti-Pekka
Säippä, Kalle
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Fysioterapian koulutusohjelma
Toukokuu 2011
Ohjaaja: Tuominen, Hanna
Sivumäärä: 61
Liitteitä: 3

Asiasanat: jalkapallo, tasapaino, asennonhallinta, toiminnallinen harjoittelu

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, pystytäänkö toiminnallisilla lantio-alaraajaketjun hallinnan harjoitteilla vaikuttamaan yhden jalan staattiseen tasapainoon, sekä lajinomaiseen ketteryyteen ja koordinaatioon 13- 14 vuoden ikäisillä jalkapalloilijapojilla. Tutkimus laitettiin alulle alkuvuodesta 2010 ja sopimus yhteistyöstä Musan Salaman kanssa tehtiin tammikuussa 2010. Tutkimukseen osallistui 17 MuSan C-96 joukkueen jäsentä. Alkumittaukset pidettiin toukokuun 31. päivä, jonka jälkeen osallistujat jaettiin kahdeksan hengen tutkimusryhmään ja yhdeksän hengen vertailuryhmään. Tutkimusryhmä aloitti kahdeksan viikon harjoitusjakson kesäkuun alusta alkaen. Harjoittelu toteutettiin kolmesti viikossa joukkueen omien harjoitusten yhteydessä. Harjoitteet olivat toiminnallisia lantio-alaraajaketjun hallinnan harjoitteita, joita harjoiteltiin neuromuskulaarisen harjoittelun periaattein.

Mittareina tutkimuksessa käytettiin Metitur- voimalevyanturia ja Suomen Palloliiton käyttämää ketteryys- koordinaatorataa. Metitur- voimalevyanturista saimme kolme kriteeriä yhden jalan staattisen tasapainon arviointiin. Kriteerit olivat huojunnan määrät AP- ja ML- suuntaan, sekä vauhtimomentin arvon. Ketteryys- koordinaatoradasta saimme tulokset lajinomaisen suorituskyvyn arviointiin. Mittaukset suoritettiin kahdeksan viikon välein toisistaan. Tarkastelimme myös kasvun vaikutusta tuloksiin.

Kahdeksan viikon harjoitusjakson jälkeen saimme positiivisia tuloksia arvioiden jalkapallolle lajinomaista suorituskyyä. Tutkimusryhmän tulokset olivat kehittyneet kahdeksan viikon aikana 25 % enemmän kuin vertailuryhmän tulokset. Sen sijaan tulokset yhden jalan staattista tasapainoa arvioidessa olivat hyvin vaihtelevia. Tutkimusryhmän AP- suuntaisen huojunnan tulokset parantuivat harjoittelujakson jälkeen, sen sijaan ML- suuntaisessa huojunnassa ei muutosta juuri tapahtunut. Vauhtimomentin tulokset vaihtelivat ryhmän sisällä hyvin paljon, joten linkkiä toiminnallisten lantio- alaraajaketjun hallinnan harjoitteiden vaikutuksesta ei löytynyt.

Tulevaisuudessa Musan Salama pystyy käyttämään tutkimuksemme teoriapohjaa ja kokemusta käytännön tasolla toteutetusta harjoittelusta ja näin kehittämään joukkueidensa harjoittelua.

EFFECT OF FUNCTIONAL PELVIC-LOWER EXTREMITY CHAIN POSTURAL CONTROL EXERCISES ON ONE LEG STATIC BALANCE, AGILITY AND COORDINATION ON 13-14 YEAR OLD BOYS PLAYING FOOTBALL

Pihlainen, Antti-Pekka
Säippä, Kalle
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in physiotherapy
May 2011
Supervisor: Tuominen, Hanna
Number of pages: 61
Appendices: 3

Keywords: football, balance, postural control, functional training

Aim of this thesis was to determine, is it possible to influence on one leg static balance, agility and coordination of 13-14 year old boys playing football with functional pelvic-lower extremity chain postural control exercises. Research was commenced in the beginning of year 2010 and the agreement of cooperation with Musan Salama football club was made in January of the same year. 17 players from C-96 team participated to this research. Preliminary measurements were held in 31st of May, after which participants were divided in two groups. Research group consisted of eight players and control group consisted of nine players. In the beginning of June the research group started the eight week postural control training period. During this period exercises were made three times per week integrated to team training. Exercises consisted of functional pelvic-lower extremity postural control exercises which followed principles of neuromuscular training.

Measuring tools used in the study were Metitur- force plate and agility coordination course approved by Finnish football federation. Three evaluation criteria of one leg static balance was got from Metitur force plate. Criteria were sway in AP and ML directions and velocity moment. Agility and coordination course gave us results for evaluating of sports specific performance. Measurements were carried out eight weeks apart from each other. Influence of physical growth to the results of the study was also evaluated.

After eight week practice period positive results were achieved on evaluating sport specific performance of football players. Results of the research group were 25% better than control group. However, evaluating the results of one leg static balance varied. Control group results in one leg static balance AP sway were developed during the exercise period. ML sway remained the same. Results of velocity moment varied considerably, correlation between functional pelvic-lower extremity postural control training were not found.

In the future, Musan Salama football club can use theory and experiences received from our research and thus develop training of their teams.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TASAPAINO	7
2.1	Tasapainostrategiat	8
2.1.1	Nilkkastrategia	8
2.1.2	Lonkkastrategia	8
2.1.3	Askelstrategia.....	9
2.2	Tasapainostrategioiden käyttö	9
3	ASENNONHALLINTA.....	9
3.1	Asennonhallinta seistessä	10
3.2	Hahmottamiseen perustuvat asennonhallintastrategiat	11
3.2.1	Visuaalinen järjestelmä	11
3.2.2	Vestibulaarinen järjestelmä	12
3.2.3	Somatosensorinen järjestelmä	12
3.3	Hahmottamiseen perustuvien järjestelmien käyttö	12
4	NEUROMUSKULAARINEN KONTROLLI JA NIVELEN STABILITEETTI.....	13
4.1	Feedforward ja feedback kontrollisysteemi	13
4.2	Stabiliteetti	14
4.3	Sensorinen motorinen systeemi	15
4.3.1	Nivelreseptorit	15
4.3.2	Lihasekseptorit	16
4.3.3	Ihoreseptorit	16
5	LANTIO-ALARAAJAKETJUN NIVELTEN STABILITEETTIIN VAIKUTTAVAT RAKENTEET.....	17
5.1	Kineettinen ketju	17
5.2	Lihakset	17
5.3	Fascian rakenteet.....	19
5.4	Lantiokori.....	20
5.5	Lonkkanivel	21
5.6	Polvinivel	21
5.7	Nilkka ja jalan nivelet	23
6	KETTERYYS JA KOORDINAATIO	24
7	KASVUN VAIKUTUS NUOREEN URHEILJAAN.....	25
8	LANTIO-ALARAAJAKETJUN HALLINNAN HARJOITTAMINEN	26
8.1	Superkompensaatio	27
8.2	Harjoittelun progresiivisuus ja määrä	28

8.3 Neuromuskulaarinen harjoittelu	28
8.4 Nuorten harjoittelun erityispiirteitä	30
9 TUTKIMUSONGELMAT	30
10 TUTKIMUSMENETELMÄT	31
10.1 Testiryhmä	31
10.2 Tutkimusasetelma	31
10.3 Mittarit	33
10.3.1 Staattinen tasapaino	33
10.3.2 Ketteryys- ja koordinaattiorata.....	34
10.4 Harjoitusohjelma.....	35
11 TULOKSET	36
11.1 Staattinen tasapaino	36
11.1.1 Anteroposteriorinen huojunta	36
11.1.2 Mediolateraalin huojunta	38
11.1.3 Vauhtimomentti	40
11.2 Ketteryys-koordinaattiorata	41
11.3 Pituus ja painomuutokset	42
12 JOHTOPÄÄTÖKSET	42
13 POHDINTA.....	43
LÄHTEET	47
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Jalkapallo on maailman suosituin laji ja sen harrastajamäärä kasvaa koko ajan. Vuonna 2007 kansainvälisen jalkapallojärjestö FIFA:n julkaiseman suuren kartoituksen mukaan jalkapalloa harrasti 265 miljoonaa ihmistä. Jalkapallossa suurin osa lajisuoritteista, kuten pallon potkaiseminen tai harhautukset, tapahtuvat yhden jalan varassa. Jalkapallo vaatii näin ollen pelaajalta hyvää koordinaatiokykyä, ketteryyttä, vartalon hallintaa sekä tasapainoa. Lisäksi pelaaja suorittaa pelin aikana runsaasti suunnanvaihdos-, jarrutus- ja hyppyliikkeitä. (Mero, Nummela & Keskinen 1997, 546; Sheppard, Young, Doyle, T.A. Sheppard & Newton 2006; Mandelbaum ym. 2005; Fousekis, Tsepis & Vagenas 2010; Kunz 2007; Fifan www-sivut 2011)

Hyvä asennonhallinta koostuu hyvin koordinoitusta neuromuskulaarisesta kontrollista. Asennonhallinta ja varsinkin keskivartalon syvälihas ryhmä on ollut viime aikoina suosittu tutkimuksen ja harjoituksen kohde. Sen sijaan alaraajojen asennonhallinnan tutkiminen on jäänyt vähemmälle. Tehtyjen tutkimusten perusteella asennonhallintaan vaikuttavalla neuromuskulaarisella harjoittelulla on kyetty vaikuttamaan alaraajojen biomekaniikkaan hypystä laskeutumisen aikana, nivelten dynaamisen stabiiliiteetin tasoon sekä dynaamiseen tasapainoon ja juoksunopeuteen. (Myer, Ford, Pahlumbo & Hewett 2005; Borghuis, Lemmink & Hof 2011; Filipa, Byrnes, Paterno, Myer & Hewett 2010; Akuthota & Nadler 2004)

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, voidaanko toiminnallisilla lantioalaraajaketjun asennonhallinnan harjoitteilla vaikuttaa jalkapalloilijan lajinomaiseen suorituskyykyyn ja yhden jalan staattiseen tasapainoon, sillä suoritteet lajissa tapahtuvat suurimmaksi osaksi yhden jalan varassa. Lisäksi yhden jalan staattista tasapainoa voidaan pitää asennonhallinnan mittarina (Reimer & Wikström 2010). Tutkimme asennonhallintaa testaamalla tutkimukseen osallistuvilta jalkapalloilijapojilta yhden jalan staattista tasapainoa Metitur Good Balance voimalevyanturilla ja lajiominaisuuksista ketteryyttä sekä koordinaatiota ketteryys-koordinaatoradalla.

2 TASAPAINO

Tasapainon suuri merkitys ihmisen toiminnallisessa kapasiteetissa on laajasti tunnus-
tettu (Era ym. 2006). Tasapaino tarkoittaa kykyä hallita kehon massaa suhteessa tu-
kipintaan. Staattinen tasapaino voidaan määritellä kyvyksi säilyttää sen hetkinen tu-
kipinta-ala mahdollisimman minimaalisella liikkeellä. Kuitenkin staattisen asennon
säilyttäminen on aktiivinen prosessi ja vaatii jatkuvia asennonmuutoksia. Kävellessä
kehon massan keskipiste liikkuu jalkojen tukipinnan alla, jolloin tasapaino joudutaan
hallitsemaan liikkeessä. Tätä kutsutaan dynaamiseksi tasapainoksi. Sen sijaan paikal-
laan seistessä tukipinta ei vaihdu ja siksi sitä onkin kuvattu staattiseksi tasapainoksi.
Tämä on kuitenkin harhaan johtavaa, sillä tässäkin tilassa työ vaatii aktiivista asen-
nonhallintaa ja on siksi melko dynaamista. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 158-
161; Huber & Wells 2006, 128)

Tasapaino vaatii tuki- ja liikuntaelimistön sekä hermojärjestelmien monimutkaista
kanssakäymistä. Tuki- ja liikuntaelimistö pitää sisällään lihaksiston ja luuston lisäksi
esim. nivelten liikkuvuudet, selkärangan joustavuuden, sekä biomekaaniset suhteet
kehon eri segmenttien välillä (KUVA 1). (Shumway-Cook & Woollacot 2007 160;
Huber & Wells 2006, 128)

Tasapainon hallitsemiseen pystysuunnassa vaikuttavat painovoima (vestibulaarinen
järjestelmä), tukipinta jalkojen alla (somasensorinen järjestelmä) ja ympäristön
vaikutus kehoon (visuaalinen järjestelmä) (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 158-
161).



Huber & Wells 2006,
129

KUVA 1. Tasapainoon vaikuttavat tekijät

2.1 Tasapainostrategiat

Yleisimmät tasapainostrategiat ovat nilkka-, lonkka- ja askelstrategiat. Strategiat pyrkivät aktiivisella liikkeellä korjaamaan jo syntyneen huojuunnan. Hahmottamiseen perustuviin strategioihin kuuluvat visuaalinen, vestibulaarinen ja somatosensorinen järjestelmä. Ne antavat jatkuvasti palautetta ulkoisista häiriöistä, jotka häiritsevät tasapainotilaa. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 166; Huber & Wells 2006, 130)

2.1.1 Nilkkastrategia

Nilkkastrategia korjaa tasapainoa eteen- ja taaksepäin huojuunnan aikana. Kehon huojuessa eteenpäin, ja näin siirtäen kehon massan keskipistettä, aktivaatio syntyy ensimmäisenä gastrocnemiukseen, josta aktivaatio siirtyy lähes välittömästi hamstring-lihaksiin ja lopulta päätyen paraspinaalilihaksiin. Gastrocnemiuksien aktivaatio saa aikaan nilkan plantaarifleksion, joka ensin hidastaa eteenpäin huojuuntaa, ja lopulta korjaa kehon asennon normaaliksi. Tätä lihasten toimintaa yhdessä kutsutaan lihassynergiaksi. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 166-167)

Taaksepäin huojuunnassa nilkkastrategia korjaa tasapainoa samoin lihassynergian vaikutuksella. Tällöin vaikuttavat lihakset ovat järjestyksessä tibialis anterior, quadriceps femoris ja vatsan lihakset. Tutkimukset ovat antaneet osviittaa, että nilkkastrategia johtuu nimenomaan lihassynergian vaikutuksesta, eikä esim. yksittäiseen nivelen kohdistuvasta venytyksestä. Nilkkastrategia ilmenee yleisimmin olosuhteissa, joissa häirintä tasapainotilaa kohtaan on pientä ja kun tukipinta jalkojen alla on tasainen. Nilkkastrategian käyttö vaatii normaalin nilkkanivelen liikkuvuuden sekä lihassuoran nilkan lihaksiin. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 167)

2.1.2 Lonkkastrategia

Lonkkastrategia tulee käyttöön kun häirintä tasapainotilaa kohtaan kasvaa suuremmaksi ja kun laaja tukipinta muuttuu kapeammaksi alustaksi. Eteenpäin huojuunnan aikana ensimmäisenä aktivoituvat vatsan lihakset, josta seuraa eteenpäin huojuuntaa vastustava aktivaatio etureiden lihaksiin. Horak ja Nashner (1986) esittävät, että

lonkkastrategiaa käytetään tasapainotilan säilyttämiseen laajemmissa, nopeissa häiriötekijöissä, tai kun tukipinta on haasteellinen, tai kooltaan pienempi kuin jalkojen pinta-ala. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 168)

2.1.3 Askelstrategia

Kun tasapainon hallitseminen käy liian vaikeaksi nilkka- ja lonkkastrategioille, on tyypillistä palauttaa tasapaino ottamalla askeleen johonkin suuntaan. Näin siirretään tukipinta uudelleen kehon massan keskipisteen alle. Tätä kutsutaan askelstrategiaksi. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 168-169)

2.2 Tasapainostrategioiden käyttö

Tutkijat ovat osoittaneet, että neurologisesti terveet ihmiset käyttävät näitä kolmea strategiaa tasapainon korjaamiseen anteroposteriorisen (AP)-suuntaisen huojunnan aikana vaihtelevasti ja yksilöstä riippuen. Tyypillistä on kuitenkin, että nilkkastrategiaa käytetään matalissa horjahdusnopeuksissa, kun taas lonkkastrategialle on tyypillistä suuret horjahdusnopeudet. Kun huojuntanopeus kasvaa liian suureksi ja asennonhallinta muodostuu liian vaikeaksi, käyttöön otetaan askelstrategia. On todettu, että AP- suuntaisen huojunnan kompensationsa käytetään pääasiassa alaraajan lihaksia. Sen sijaan taas mediolateraalin (ML)-suuntainen huojunta aktivoi keskivartalon ja lonkan lihaksia. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 167-169, 178)

3 ASENNONHALLINTA

Kaikki tekemämme tehtävät vaativat asennonhallintaa. Se voidaankin määritellä kuten staattinen tasapaino, eli kyvyksi säilyttää sen hetkinen asento mahdollisimman minimaalisella liikkeellä. Asennonhallinta ja tasapaino vaativat tuki- ja liikuntaelimistön sekä hermojärjestelmien monimutkaista kanssakäymistä. Hermojärjestelmäs-

sä olennaisia seikkoja asennonhallinnan näkökulmasta ovat motoriset prosessit, joissa kehon lihakset toimivat yhteisvaikutuksessa hermoston kanssa. Lisäksi sensoriset ja visuaaliset prosessit, joissa visuaalinen-, vestibulaarinen- ja somatosensorinen järjestelmä integroituvat yhteen, luovat perustan asennonhallinnalle. Myös kognitiiviset tapahtumat ovat merkitseviä. Ennakointi ja soveltaminen muuttuviin tilanteisiin ympäristössä ovat olennaisia asioita asennonhallinnan säilyttämisessä. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 158-160; Huber & Wells 2006, 128)

3.1 Asennonhallinta seistessä

Tukipinta vaikuttaa merkittävästi siihen, kuinka paljon suoritus vaatii asennonhallintaa. Asennonhallinnan merkitys on suuri myös liikkeessä kuten kävellessä. Seisoma-asennon säilyttämiseen voidaan vaikuttaa eri tavoin. Kehon suoralla linjauksella voidaan minimoida painovoiman vaikutus, joka yrittää työntää meitä pois kehon massan keskipisteestä. Kehon linjauksen ollessa optimaalinen tasapaino on mahdollista säilyttää pienintä mahdollista energiamäärää käyttäen. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 158-162)

Asennonhallinnan perusedellytys on lihaksiston riittävä tonus asennon ylläpitämiseen (Ahonen, Lahtinen, Sandström 1988, 68). Lihastonus tarkoittaa voimaa, jolla lihas estää venytystä. Se estää kehoa romahtamasta painovoiman seurauksesta. Asentotonus kuvaa aktivaatiota, joka syntyy lihasten vastustaessa painovoimaa. Useiden kliinikoiden mukaan asentotonus on erittäin tärkeä elementti seisoma-asennon ylläpitämisessä. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 162-163)

Tutkijat ovat osoittaneet, että useat lihakset ovat toonisesti aktiivisia seisoma-asennossa. M. soleus ja m. gastrocnemius aktivoituvat, koska kehon massan keskipisteen kohdalla sijaitseva painovoiman linja kulkee polvi- ja nilkkanivelen edestä. Pohjelihasten aktivoitumisella pyritään siis saamaan aikaan tasapainoinen seisoma-asento. Kehon huojunnassa taaksepäin aktivoituvat m. tibialis anterior, m. gluteus medius, tensor fascia latae ja m. iliopsoas. Lisäksi myös m. erector spinae- lihakset estävät huojuntaa painovoiman linjan kulkiessa selkärangan etupuolella. Tutkimukset ovat arvioineet, että tarkoituksen mukaisesti aktivoituvat keskivartalon lihakset ovat

tärkeitä ja oleellisia asennon hallinnassa. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 162-163)

3.2 Hahmottamiseen perustuvat asennonhallintastrategiat

Riittävän lihasvoiman lisäksi tehokas asennonhallinta vaatii keskushermoston jatkuvaa informaatiota kehon sen hetkisestä asennosta, liikkeestä ja ympäristöstä. Hermosto saa lihaksissa ja luustossa sijaitsevilta reseptoreilta jatkuvaa informaatiota kehon liikkeistä ja ruumiinosien asennoista suhteessa toisiinsa. Visuaalinen, vestibulaarinen ja somatosensorinen järjestelmä antavat jatkuvasti palautetta ulkoisista tapahtumista, jotka häiritsevät tasapainotilaa. Nämä yhdessä tunnistavat kehon asennon ja liikkeen suhteessa ympäristöön ja painovoimaan. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 174-175; Huber & Wells 2006, 130; Bjälle, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2005, 117)

3.2.1 Visuaalinen järjestelmä

Visuaalinen järjestelmä antaa informaatiota pään ja kehon asennosta ja liikkeestä suhteessa ympäristöön. Esimerkiksi eteenpäin kävelyssä pää liikkuu eteenpäin, mutta ympäristössä olevat esineet liikkuvat vastakkaiseen suuntaan. Visuaalisen järjestelmän merkityksestä tasapainoon voidaan kuitenkin keskustella, sillä asennonhallinta on mahdollista säilyttää myös silmät kiinni. Visuaalisen järjestelmän merkitystä onkin tutkittu eri tavoin häiritsemällä näköaistia. Shumway-Cook ja Woollacot kertovat kirjassaan tutkimuksesta, jonka tarkoituksena oli arvioida visuaalisen järjestelmän merkitystä laittamalla tutkittavat henkilöt huoneeseen, jossa oli mahdollista liikuttaa seiniä tai kattoa eteen- ja taaksepäin suunnassa, luoden illuusion huojunnasta vastakkaiseen suuntaan. Tämän seurauksena havaittiin tutkimusryhmässä tasapainokyvyn alenemista, kun tutkittavien huojunta kasvoi seinien liikkeen myötä. Näin ollen tasapainotestissä on syytä korostaa katseen kiinnittämistä yhteen pisteeseen testin suorittamisen aikana. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 175-176; Huber & Wells 2006 130; Trew & Everett 2005, 244)

3.2.2 Vestibulaarinen järjestelmä

Vestibulaarisen järjestelmän päävastuu on välittää informaatiota hermostolle pään asennosta ja liikkeestä suhteessa pystyasentoon. Järjestelmän aistinelimet reagoivat painovoimaan ja pään liikkeiden kiihtyvyyteen. Vaikka emme ole jatkuvasti tietoisia vestibulaarisen aistin olemassa olost, sen antama palaute on tärkeää monien motoristen vasteiden koordinoinnissa. Sillä on vaikutus myös silmien vakaannuttamisessa sekä asennonhallinnan säilyttämisessä niin paikallaan ollessa kuin kävellessä. Vestibulaarinen järjestelmä sijaitsee sisäkorvassa, josta se lähettää tietoa simpukan kautta kahdeksannelle aivohermolle, joka tunnetaan myös kuulo-tasapainohermona. Kuulo-tasapainohermo vastaa äänen ja tiedon tasapainotilan kulkeutumisesta aivorunkoon. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 176; Trew & Everett 2005, 244; Bjälle ym. 2005, 117)

3.2.3 Somatosensorinen järjestelmä

Somatosensorinen järjestelmä pitää sisällään proprioseptiset, ihon ja nivelten reseptorit. Se antaa palautetta keskushermostolle kehon asennosta ja liikkeestä suhteessa alustaan. Somatosensoriset reseptorit välittävät informaatiota suoraan motoneuroneille, jotka vastaavat asennonhallinnasta selkäydintasolla. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 174; Huber & Wells 2006, 130; Trew & Everett 2005, 244)

3.3 Hahmottamiseen perustuvien järjestelmien käyttö

Terveet aikuiset käyttävät asennonhallintaan eniten somatosensorista järjestelmää, kun taas pienet lapset saattavat luottaa enemmän visuaaliseen järjestelmään. Tutkimukset ovatkin osoittaneet, että häiritäessä somatosensorista ja vestibulaarista järjestelmää samanaikaisesti, somatosensorinen järjestelmä reagoi voimakkaammin ärsytykseen. Tutkimustuloksista voidaankin päätellä, että hermosto saattaa luottaa somatosensoriseen informaatioon enemmän, kuin visuaaliseen ja vestibulaariseen. (Shumway-Cook & Woollacot 2007, 177-178)

4 NEUROMUSKULAARINEN KONTROLLI JA NIVELN STABILITEETTI

Neuromuskulaarinen systeemi on vastuussa koordinoitusta lihasaktivaatiosta, joka säätelee dynaamista stabiliteettia, ohjaa asennonhallintaa ja tuottaa optimaalisia liikemalleja. Neuromuskulaarinen systeemi koostuu monimutkaisesta sensoristen elinten, sentraalisten ja perifeeristen hermostojen sekä luurankolihasien välisestä yhteistyöstä. Tämän yhteistyön tuloksena syntyy koordinoitu liike. Neuromuskulaarinen kontrolli tarkoittaa kykyä tuottaa kontrolloitu liike koordinoitun lihastyön avulla. (Donatelli 2007, 247; Magee, Zachazewski & Quillen 2007, 375)

Nivelen stabiliteetissa neuromuskulaarinen kontrolli tarkoittaa dynaamisten liikettä rajoittavien tekijöiden tiedostamatonta aktivaatiota. Tähän aktivaatioon kuuluu sekä ennen nivelen liikettä tapahtuva ennakoiva kontrolli, että liikkeen aikana tapahtuva kontrolli. Yhdessä nämä kontrollivaiheet mahdollistavat nivelen liikkeen ja sen kuormituksen aikaisen kontrolloidun stabiliteetin ylläpidon sekä sen palautumisen. (Riemann & Lephart 2002a; Riemann & Lephart 2002b)

Näitä kahta edellä mainittua kontrollisysteemiä kutsutaan feedforward ja feedback kontrollisysteemeiksi. Yhtenäen muuttuvassa ympäristössä toimiminen, kuten jalkapallopelissä, vaatii nopeita muutoksia asennonhallinnan suhteen sekä kehon ulkopuolisiin että sisäisiin häiriötekijöihin jotta kyetään säilyttämään tasapaino. Vartalo stabiloituu yhtäjaksoisesti ennen liikettä (feedforward) ja sen aikana virheitä korjaillen sekä kehon ulkopuolisiin häiriötekijöihin vastaten (feedback). (Borghuis ym. 2011)

4.1 Feedforward ja feedback kontrollisysteemi

Feedforward järjestelmän avulla keho kykenee valmistautumaan sen hallintaa häiritsevään tekijään. Tutkimuksissa on havaittu että keskivartalon syvät asennonhallinnan kannalta tärkeät lihakset kykenevät aktivoitumaan ennen raajan liikettä tuottavaa lihasta, sekä ennen ennalta arvattavan kuorman lisääystä. Tässä ennakoivassa kontrollissa keskushermosto arvioi ja tuottaa tarvittavat lihastoiminnan, jotta kehon stabiliteetti säilyy. Ennakoivan kontrollin tieto on kehittynyt kehon aikaisemmista liikemal-

leista ja se pitää sisällään myös tiedon sisäisten ja ulkoisten voimien suhteesta. (Richardson, Hodges & Hides 2005, 21)

Feedback kontrolli on kehon kyky vastata kehon homeostaattista tilaa häiritsevään tekijään afferenttien ärsykkeiden avulla häiriön havaitsemisen jälkeen. Tämä kontrollisysteemi rakentuu jatkuvasta afferenttien ärsykkeiden prosessoinnista ja sitä käytetään niin kutsutulla liike liikkeeltä menetelmällä, kun taas ennakoivan kontrollijärjestelmän afferenttia palautetta käytetään epäsäännöllisesti, kunnes feedback kontrolli on kehittynyt. Yleisesti ihminen käyttää toimiessaan näitä molempia yhtäaikaaisesti. (Riemann & Lephart 2002a)

4.2 Stabiliateetti

Kappale on stabiili kun siihen erisuunnilta kohdistuvat voimat ovat tasapainossa ja tukipiste sijaitsee tukipinnan yläpuolella (Koistinen ym. 2005, 26). Panjabi (1992) kuvaa ihmisen selkärangan stabiliateettia kolmijakoisella mallilla, joka koostuu nivelten aktiivisesta ja passiivisesta sekä neuraalisesta kontrollista. Passiivinen tukijärjestelmä sisältää kaikki luu- ja nivelrakenteet sekä ligamentit. Passiiviset rakenteet vaikuttavat eniten liikeradan loppuvaiheessa. (Richardson ym. 2005, 15-16) Aktiivinen tuki muodostuu lihaksista ja niiden toiminnasta. Neuraalinen järjestelmä toimii stabiliateetin hallinnan pääkeskuksena. Toisin sanoen stabiliateetin kannalta oleellista on lihastyön ja passiivisen tuen lisäksi sensorinen viestintä, joka antaa keskushermostolle jatkuvaa palautetta kehon ja ympäristön vuorovaikutuksista, mikä taas luo mahdollisuuden liikkeen hiomiseen. Vaikka Panjabi kehittikin tämän mallin käsittämään selkärangan stabiliateettia, voidaan tätä mallia käyttää kuvaamaan osittain myös lantion ja alaraajan stabiliateettia ja sen hallintaa. (Panjabi 1992; Akuthota, Ferreiro, Moore & Fredericson 2008)

Dynaaminen tukimekanismi koostuu lihasten koordinoituista kontraktioista. Dynaaminen nivelen stabiliateetti on neuromuskulaarisen kontrollin ja proprioseptiikan tulos, kun taas asennonhallinta koostuu visuaalisesta, vestibulaarisesta ja proprioseptisesta palautteesta. (Donatelli 2007, 248) Jalkapallo, joka pitää sisällään runsaasti

suunnanvaihdos-, jarrutus- ja hyppyliikkeitä, vaatii alaraajoilta dynaamista stabiliteettia (Mandelbaum ym. 2005).

4.3 Sensorinen motorinen systeemi

Sensorinen motorinen systeemi koostuu sensorisista, motorisista ja hermostollisista osista, jotka yhdessä osallistuvat nivelen homeostaattisen tilan ylläpitämiseen vartalon liikkeiden aikana eli nivelen toiminnalliseen stabiliteettiin. Nivelen toiminnallinen stabiliteetti saavutetaan siihen vaikuttavien staattisten ja dynaamisten osatekijöiden yhteistyöllä. Ligamentit, nivelkapseli, rusto sekä nivelen kitka ja luinen muoto muodostavat staattiset eli passiiviset stabiliteettiin vaikuttavat osat. Dynaamiset osatekijät vaikuttavat stabiliteettiin feedforward ja feedback systeemien neuromotorisen kontrollin kautta nivelen ylittävien luurankolihasen välityksellä. (Riemann & Lephart 2002a)

Neuromuskulaarisessa systeemissä sensorisia elimiä kutsutaan mekanoreseptoreiksi. Ne reagoivat muun muassa mekaaniseen venytykseen, paineeseen, kompressioon ja vastuksen määrän. Mekanoreseptoreita sijaitsee kehon osia yhdistävissä kudoksissa ja ne luokitellaan yleisesti niiden sijainnin mukaan. Tämän luokituksen mukaan ne voidaan jakaa kolmeen ryhmään; nivel-, lihas- ja ihoreseptoreihin. Yhdessä nämä reseptorit antavat palautetta keskushermostolle. Yhtenäinen palaute ja impulssien prosessointi keskushermostossa mahdollistaa kehon nopean reagoimisen periferian tilaan. Tämän avulla keho kykenee reagoimaan sille mahdollisesti vahingolliseen häiriötekijään tehokkaasti ja mahdollistaa täten kehon tasapainoisen tilan. (Donatelli 2007, 247-248; Williams, Chmielewski, Rudolph, Buchanan & Snyder-Mackler 2001)

4.3.1 Nivelreseptorit

Nivelreseptorit voidaan jakaa neljään pääryhmään. Ruffinin päätteet, Pacinin keräset, Golgin jänne-elimen kaltaisiin reseptoreihin ja vapaisiin hermopäätteisiin. Näitä reseptoreja kuvaillaan sen perusteella ovatko ne aktiivisia staattisessa liikkeessä, dynaamisessa liikkeessä vai molemmissa, sen perusteella kuinka nivel aktivoituu (kor-

kea vai matala kynnys) ja miten nivel pysyy aktiivisena jatkuvan ärsykkeen alaisena (hitaasti vai nopeasti mukautuvat). Jokainen reseptorityyppi välittää ainutlaatuista palautetta keskushermostolle. Vaikka nivelreseptoreita sijaitsee lähes kaikissa niveltä ympäröivissä kudoksissa, tutkimukset ovat osoittaneet nivelkapselien osalta näiden olevan hyvin hermottettuja, kun taas ligamentit ovat heikommin hermotettuja. Ligamenteissa nivelreseptorit sijaitsevat tiheimmin lähellä sen kiinnityskohtaa ja ovat aktiivisimpia kun nivel kiertyy lähelle sen maksimia. Tämä viittaa siihen, että näiden reseptorien tarkoitus on viestittää kun nivel lähestyy sen liikelaajuuden loppua. Nämä reseptorit signaaleillaan saavat aikaan suojaavia reaktioita niveltä ympäröivissä lihaksissa. Lihakset syttyvät vastustamaan liikettä ja näin suojelevat niveltä vahingoittumiselta. (Donatelli 2007, 248; Magee ym. 2007, 376; Williams ym. 2001)

4.3.2 Lihasseptorit

Suurimmat lihasreseptorityypit ovat Golgin jänne-elimet ja lihasspindelit. Golgin jänne-elimet sijaitsevat tyypillisesti lihaksen ja janteen kiinnityskohdassa. Nykyisin ollaan ymmärryksessä, että jokainen aistinelin on yhteydessä pieneen määrään (3-25) lihassäikeitä. Golgin jänne-elimet ovat erittäin herkkiä aistimaan lihakseen kohdistuvan voiman muutoksia ja ne pystyvät luomaan tästä keskushermostolle tarkan palautteen. Lihasspindelit sijaitsevat samansuuntaisesti lihassäikeiden kanssa ja aistivat nivelen asentoa ja liikenopeutta sen koko liikeradalla. Lihasspindelit ovat aktivoituneina lihaksen venyessä ja kiihdyttäessä. (Donatelli 2007, 248-249; Magee ym. 2007, 376; Williams ym. 2001)

4.3.3 Ihoreseptorit

Ihoreseptorityyppejä on viisi: Meissnerin keräset, Pacinin keräset, Merkelin kiekot, Ruffinin päätteet ja vapaat hermosolut. Nykyään ihoreseptorien uskotaan olevan merkittävässä roolissa liikkeen tunnistamisessa. Ihoreseptorit joko luovat suoraa palautetta tai sitten helpottavat muiden reseptorien välittämän palautteen kulkua. Nivelen dynaamiseen stabiiliteettiin niiden ei kuitenkaan olla todistettu merkittävästi vaikuttavan. (Donatelli 2007, 248; Williams ym. 2001)

5 LANTIO-ALARAAJAKETJUN NIVELTEN STABILITEETTIIN VAIKUTTAVAT RAKENTEET

5.1 Kineettinen ketju

Kineettinen ketju koostuu mekaanisesti yhdistyneistä segmenteistä, jonka sisällä yhdessä segmentissä syntyvät voimat siirtyvät ketjun muihin segmentteihin ja täten vaikuttavat niiden toimintaan. Lantio-alaraajojen kineettiseen ketjuun voidaan ajatella kuuluvan kaksi alaraajaa ja lantion, jotka yhdessä koostuvat 11 eri nivelestä. Siihen sisältyvät lumbosacraalinen ranka, lonkka-, polvi-, subtalar-, mid tarsal- ja MTP (metatarsophalangeal)– nivelet. Juoksun aikana 57 lihasta toimivat liikkeen, voiman ja ajoituksen kontrolloijina toimien valikoitujen toimintamallien tavoin. Hyppiminen vaatii korkeatasoista neuromuskulaarista kontrollia sekä yksi, että kaksi nivelisiltä lihaksilta. Keskivartalo ja alaraajat toimivat yhdessä olemalla muulle vartalolle liike-energian välittäjiä ja iskun vastaanottimina. Näiden yhteistoiminta on oleellinen osa myös seisomatasapainoa. Mikäli yksikin näistä edellä mainituista toimii epänormaalisti voi seurauksena olla kudosten yllirasittuminen tai loukkaantuminen. (Donatelli 2007, 159; Magee ym. 2007, 477)

Jalkapallossa suurin osa lajisuoritteista, kuten pallon potkaiseminen ja harhautukset, tapahtuvat yhden jalan varassa. Nämä suoritteet ovat epäsymmetrisiä kineettisiä toimintamalleja. Jalkapalloilijoilla on todettu myös paljon epäsymmetriaa alaraajojen lihasvoimissa, joko agonisti-antagonisti tasolla tai alaraajojen välillä. Tämän kaltaiset epäsymmetriat alaraajojen välillä saatavat johtaa väärin kineettisiin toimintamalleihin ja tätä kautta ne voivat vaikuttaa haitallisesti lajisuoritteisiin. (Fousekis, Tsepis & Vagenas 2010)

5.2 Lihakset

Kaikilla lihaksilla on kyky konsentrisesti lyhentyä ja kiihdyttää liikettä, isometrisesti ylläpitää tai eksentrisesti pidentyä ja hidastaa liikettä hallintaa varten. Lisäksi lihakset tuottavat ja viestittävät afferenttia proprioseptista palautetta keskushermostolle lihas-toiminnan ja koordinaation säätelyä varten. (Comerford & Mottram 2001a)

Vartalon lihaksiston toimintaa voidaan kuvata yksinivelisten ja moninivelisten lihasten ennalta suunniteltuna yhteistyönä, minkä tuloksena syntyy hallittu liike. Lihakset voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään niiden toiminnan mukaan, liikettä aikaan saaviin ja stabiloiviin lihaksiin. Toiminnan kannalta oleellista on näiden kahden ryhmän yhteistyö liikkeen aikana. Yksinivelliset lihakset vaikuttavat yhden nivelen asentoon ja liikkeen suuntaan, kun taas moninivelliset lihakset vaikuttavat useisiin niveliin ja niiden liikkeisiin ja vaikuttavat nivelen kontrolliin useissa eri suunnissa. (Donatelli 2007, 135; Richardson ym. 2005, 94-99)

Comerford ja Mottram (2001a) jakoivat lihakset kolmeen eri ryhmään niiden toiminnan mukaan ja selvittivät niiden merkitystä dynaamisessa stabiliteetissa. Nämä kolme ryhmää ovat paikalliset tukevat lihakset, pinnalliset tukevat lihakset ja liikettä aikaan tuottavat pinnalliset lihakset.

Paikalliset stabiloivat lihakset kontrolloivat segmentaalista liikettä kaikissa nivelten asennoissa ja liikesuunnissa. Normaalisissa tilassaan nämä lihakset toimivat itsenäisesti ja jatkuvasti samalla pyrkien tuottamaan matalatasoisia voimia (low-level forces) kasvattaakseen lihasjäykkyyttä, kontrolloidakseen intersegmentaalista fysiologista liikettä ja ennalta ehkäistäkseen translatorista liikettä. Erityisen tärkeitä nämä lihakset ovat nivelen ollessa neutraalissa asennossa, koska silloin nivelen passiivinen tukijärjestelmä on heikoimmillaan. Lihasten aktivaatio kasvaa kun keho valmistautuu vastaanottamaan painoa tai liikkeeseen ja täten tuovat tukea ja kontrollia. Tällaisia lihaksia ovat esimerkiksi transversus abdominis ja psoas majorin posterioriset säikeet. (Comerford & Mottram 2001b, Middleditch & Oliver 2005, 98)

Pinnalliset, stabiloivat lihakset toimivat toiminnallisen stabiliteetin aikana tuottaen vääntövoimaa ja eksentristä kontrollia nivelen sisä- ja ulkoliikeratojen aikana. Näiden lihasten tulee kyetä lyhentymään konsentrisesti täysiin fysiologisiin sisäliikera-toihin. Tämän lisäksi globaalien stabiloivien lihasten tehtäviin kuuluu kontrolloida toiminnallisia kuormitustekijöitä eksentrisen lihaksen pidentymisen kautta sekä isometrisesti hallita asentoa. Nämä lihakset ovat tärkeitä rotaatiosuunnan kontrolloijia toiminnallisissa liikkeissä. Tällaisia lihaksia ovat muun muassa vinot vatsalihakset sekä gluteus medius. (Comerford & Mottram 2001b; Middleditch & Oliver 2005, 98)

Pinnalliset, liikettä aikaansaavat lihakset toimivat pääsääntöisesti liikkeiden voimalisina tuottajina, mutta jotta fysiologisen ja translatorisen liikkeen aikana ei muualla vartalossa syntyisi kompensoivia vatsajännityksiä, tulee näiden lihasten kyetä pidentymään. Globaalit pinnalliset lihakset toimivat stabilisaation osana kun toiminnalliset liikkeet vaativat raskaiden kuormitusten kontrollointia, kuten jatkuvan liikkeen vastaanotossa. Esimerkkejä tästä ovat juoksu tai painavan esineen nostaminen lattialta. Nämä lihakset ovat aktiivisia sagittaalisella tasolla, mutta niiden toiminta on heikkoa rotaatiota vaativissa liikkeissä. Tällaisia lihaksia ovat muun muassa rectus abdominis ja piriformis. (Comerford & Mottram 2001b; Gibbons & Comerford 2001; Middleitch & Oliver 2005, 98)

5.3 Fascian rakenteet

Fascia on rakenteeltaan kuitumainen yhdistävä kudus ja sitä esiintyy koko vartalossa. Thoracolumbaalisen fascian (TFL) pääasiallinen tehtävä on tukea selkärankaa korsettimaaisesti ja toimia kuormien siirrossa selkärangan, lantion ja ylä- sekä alaraajojen välillä. Fascian toimintaa kuormien välityksessä voidaan kuvata toisistaan kaukana olevien nivelten välillä seuraavalla esimerkillä: Alaraajassa biceps femoriksen pitkä pää kiinnittyy thoracolumbaaliseen fasciaan sacrotuberaali ligamentin avulla. Tutkimusten mukaan biceps femoriksen lateraalinen jänteen venyntyminen voi saada aikaan L5-S1 spinosusvälin nivelen sisäisen ligamentin sijoiltaan menon. Tämä fasciasysteemi on läheisessä yhteydessä myös vartalon ja raajojen asennon, biomekaanisen toiminnan, motorisen kontrollin sekä proprioseptiikan kanssa. Lantiokorin ja alaraajojen välillä on monia fascioita, kuten fascia latae joka on iliotibiaalisen fasciarakenteen osa, femoraalinen intramuskulaarinen septa, cruraalinen fascia ja cruraalinen intramuskulaarinen septa. (Mitchell, Bressel, McNair & Bressel 2008; Akuthota & Nadler 2004; Akuthota ym. 2008; Smith, Nyland, Caudill, Brosky & Caborn 2008)

5.4 Lantiokori

Lantiokori toimii tukena vatsalle ja sisäelimille lantion alaosassa. Se toimii myös dynamisena linkkinä selkärangan ja alaraajojen välillä. Se on sulkeutunut luunivelkehä, joka koostuu kuudesta tai seitsemästä luusta. Nämä luut ovat kaksi suoliluuta (ilium), ristiluu (sacrum), häntäluu (coccyx), joka voidaan jakaa kahteen osaan ja kaksi reisi-luuta (femur). Lantiokorissa on myös näiden luisten osien välissä kuusi tai seitsemän niveltä. Nämä nivelet ovat kaksi risti-suoliluuniveltä eli SI-niveltä (sacro-iliac), risti-häntäluunivel (sacrococcygeal), usein myös sisempi häntäluunivel (intercoccygeal), häpyluuliitos ja kaksi lonkkaniveltä. Lantiokorin alueella on erittäin vahva nivelsiteiden verkosto, joka osallistuu alueen liikkeiden kontrolloimiseen, joko suoraan omien kiinnityskohtien tai epäsuoraan erilaisten lihas- tai lihaskalvokiinnikkeiden avulla. (Lee 2004, 15, 20-25; Magee 2008, 617-618)

SI-nivel (sacrum-ilium) on luokiteltu synoviaaliniveleksi. Sen alueella vaikuttavat ventraaliset, luidenväliset ja pitkät selänpuoleiset SI-ligamentit sekä sacrotuberaali ja supraspinosus ligamentit. Pitkä selänpuoleinen SI-ligametti, jonka pääasiallinen tehtävä on rajoittaa lantion eteenpäin tapahtuvaa kiertoliikettä ja sacraalista vastanutaatiota. Tämä side kiristyy myös erector spinae lihaksen kontraktion aikana sekä ristiluu-istuinkyhmy siteen kuormittuessa. Sacro-tuberaalinen ja iliolumbaali ligamentit rajoittavat nutaatioliikettä sekä iliumin taaksepäin tapahtuvaa kiertoliikettä. Sacro-tuberaalinen ligamentti kiristyy gluteus maximuksen kontraktion aikana. Iliolumbaaliligamentin on pohdittu olevan vastuussa lannerangan ja sacrumin välisen yhdyskohdan sivuttaisen sekä eteen- että taaksepäin suuntautuvan liikkeen hallinnasta. (Lee 2004, 20-24)

Lantion alueen lihaksisto on pääosin vahvarakenteista ja koostuu suurista yksittäisistä lihaksista, joiden pääasiallinen tehtävä on kontrolloida painovoimaa vastaan säilyttääkseen pystyasennon. Lantion stabiliteetin kannalta tärkeät lihasryhmät ovat gluteaalilihakset, syvät pakaralihakset, reiden lihakset, vatsaontelon lihakset sekä lantionpohjan lihakset. Lantion taaksepäin kallistumista kontrolloivat gluteus maximus, hamstring, rectus abdominis lihakset. Eteenpäin kallistumisen kontrolloimiseen osallistuvat tensor fasciae latae, sartorius, rectus femoris, psoas major sekä iliacus lihakset. (Koistinen ym. 2005, 178-182)

5.5 Lonkkanivel

Lonkkanivel on luokiteltu pyöreäksi synoviaaliniveleksi eli palloniveleksi. Se koostuu reisiluun pyöreästä päästä (caput femoris), reisiluunkaulasta (collum femoris) ja varresta (corpus femoris), lonkkamaljasta (acetabulum) sekä lonkkamaljan reunuksesta (labrum acetabuli). Lonkkanivel on vartalon suurin nivel ja se on myös vartalon tukevin nivel. Suurin osa tämän nivelen stabiliteetista koostuu sen kapselirakenteista. Lonkkanivelen muotolukitus (force-clousure) on erittäin vahva, koska reisiluunpää on kiinnittynyt erittäin syvälle lonkkamaljaan ja tätä tukee lisäksi nivelessä sijaitsevat ligamenttirakenteet. Lonkkanivelen muodolliseen tukeen vaikuttavia ligamenteja ovat iliofemoraali (Y-ligamentti), pubofemoraalinen, ischiofemoralinen ja femurartikulaarinen ligamentti. Yhdessä nämä ligamentit muodostavat kapselin, mikä pitää sisällään myös femurin pään ja kaulan, ja tämän avulla stabilioivat lonkkaa kiristymällä tukien femurin liikkeitä. Leen (2004) mukaan femurin ekstensio liikkeessä kiristyvät kaikki ekstra-artikulaariset ligamentit. Femurin fleksio ja adduktio liikkeiden yhdistyessä eivät ligamentit kykene kiristymään ja täten vaikuttamaan nivelen stabiliteettiin. Lonkan ligamenttien osuus stabiliteetissa on heikohko myös femurin mediaalirotaatioissa ja adduktiossa. Femurin lateraalinen rotaatio ja abduktio liikkeet ovat hyvin tuettuja ligamenttien osalta. (Magee 2008, 659-660; Lee 2004, 25-34)

Lonkan alueella toimii useita lihasryhmiä kuten quadriceps femoris ja hamstring lihakset. Lonkan seudun stabiliteettiin vaikuttavia lihaksia ovat gluteaaliryhmän lihakset maximus, medius ja minimus, iliapsoas, iliacus, psoas major, adduktorit, iliotibiaalinen jänne yhdessä tensor fascia lataen kanssa sekä lonkan syvälihasryhmä, jonka Herrera ja Cooper (2008) kuvaavat eräänlaisena lonkan alueen rotator cuff lihasryhmänä viitaten niiden tärkeään rooliin lonkan liikkeiden hienosäätelyssä. (Herrera & Cooper 2008, 115-117)

5.6 Polvinivel

Polven luinen rakenne koostuu neljästä luusta. Nämä neljä luista osaa ovat femur, fibula, tibia ja patella. Tätä luista kokonaisuutta tukevat vahva ligamenttien verkosto, lihakset jotka ylittävät polvinivelen sekä nivelkapseli. Kaikkien näiden luisten raken-

teiden pinnalla kulkee nivelrusto, minkä tarkoituksena on toimia iskunvaimentajana. Femur ja fibula nivELYVÄT molemmat tibiaan. Polven passiivinen stabiliteetti koostuu suurelta osin sen vahvaan nivelsideverkoston tuomasta tuesta. (Herrera & Cooper 2008, 133-135; Kakarlapudi & Bickerstaff 2000)

Polven stabiliteetti pysyy yllä sen kondylien ja nivelkierukoiden muodon yhdessä passiivisten tukirakenteiden kanssa. Passiiviset tukirakenteet koostuvat neljästä ligamentista. Nämä ligamentit ovat eturistiside eli ACL (anterior cruciate ligament), takaristiside eli PCL (posterior cruciate ligament), mediaalinen sivuside eli MCL (medial collateral ligament) ja lateraalinen sivuside eli LCL (lateral collateral ligament). Polvinivelen takaosan lateraalisilla ja mediaalisilla kapsulaarisilla rakenteilla on myös merkittävä rooli yhdessä iliotibiaalisen jännerakenteen kanssa. Polven alueen lihaksistolla on toissijainen rooli alueen stabiliteetissa tuottaen dynaamista stabiliteettia. Dynaamisen stabiliteetin aikana lihasten rooli on merkittävä. Tämä lihasten aikaan saama stabiliteetti mahdollistaa suuretenkin rasitusten kestämisen. (Huston & Wojtys 1996; Kakarlapudi & Bickerstaff 2000)

Polvinivelen ylittävät lihakset vaikuttavat sen stabiliteettiin ja aikaan saavat liikkeen. Reiden etuosan nelipäinen reisilihas koostuu rectus femoris ja vastus lateralis, medialis sekä intermedialis lihaksista. Nämä neljä lihasta ylittävät polvinivelen ja yhdessä patellan jänteen kanssa tuottavat polvinivelen ekstensio liikkeen. Reiden takaosan lihaksia kutsutaan hamstring– lihasryhmäksi. Tämä lihasryhmä koostuu biceps femoriksesta, semimembranosuksesta ja semitendinosuksesta. Näiden lihasten pääasiallinen tehtävä on toimia polvinivelen fleksiossa. Gastrocnemius lihas toimii myös polven fleksioliikkeen aikana eräänlaisena fasilitoivana lihaksena, mutta sen tärkein tehtävä polvinivelen stabiliteetin kannalta on tuottaa polven posteriorista stabiliteettia. Gracilis ja sartorius lihakset toimivat polven mediaalisen kierto liikkeen ja fleksio liikkeen aikana sekä vaikuttavat polvinivelen mediaaliseen stabiliteettiin. Popliteus lihas ja iliotibiaalinen side vaikuttavat polvinivelen lateraaliseen stabiliteettiin. (Herrera & Cooper 2008, 133-135)

5.7 Nilkka ja jalan nivelet

Nilkan ja jalan stabiliteetti on erittäin oleellista ajatellen koko kineettisen ketjun toimintaa vartalon ottaessa vastaan kehon painon esimerkiksi juostessa. Tällöin jalan ja nilkan tulee toimia toiminnallisena ryhmänä tuottaakseen työntövoimaa olemalla joustava rakenne ja stabiliteettia olemalla jäykkä rakenne. Nilkan stabiliteetti muodostuu pääasiallisesti sen muodollisesta ja erityisesti sen ligamenttirakenteiden muodostamasta tukiverkostosta. Jalan stabiliteetti voimakkaissa lyhytkestoisissa rasitustilanteissa on pääasiallisesti jalan ligamenttien vastuulla. Pystyasennossa lihastenrooli korostuu pitkäkestoisen tuennan tarpeen vuoksi. Jalan ulkokaari on huomattavasti tukevampi luisen rakenteensa ansiosta. (Magee 2008, 844; Ahonen, Fogerholm & Haapalainen 2002, 258)

Nilkka koostuu mediaalisesta kehräsluusta (sääriluun distaalinen pää), lateraalisesta kehräsluusta (pohjeluun distaalinen pää) ja telaluusta. Jalkaterän luut pitää sisällään seitsemän nilkan luuta (telaluu, kantaluu, veneluu, kuutioluu sekä kolme vaajaluuta); viisi jalkapöydän luuta; 14 varpaan luuta (jokaisessa varpaassa on proksimaalinen, keskimäinen ja distaalinen luu, lukuunottamatta peukalovarvasta mistä puuttuu keskimäinen luu); ja kaksi seesamluuta, jotka sijaitsevat jalkapöydän päässä jalkapohjan puolella. Jalkaterä voidaan myös jakaa kolmeen anatomiseen osaan: etujalkaterä (koostuu jalkapöydän ja varpaan luista), keskijalkaterä (koostuu kuutioluusta ja vaajaluista), sekä takajalkaterä (koostuu telaluusta ja kantaluusta). (Herrera & Cooper 2008, 151)

Sivusuunnassa ulospäin (lateraalisuunta) nilkkaniveltä tukee lateraalinen nivelside, joka koostuu etummaisesta talofibulaari (tela- ja pohjeluun välisestä) nivelsiteestä (ATFL), takimmaisesta talofibulaari nivelsiteestä (PTFL) ja calcaneofibulaari (kanta- ja pohjeluun välisestä) nivelsiteestä (CFL). Sivusuunnassa sisäänpäin (mediaalisuunta) tuki saavutetaan mediaalisen ligamentin avulla (deltoid ligamentti), joka kulkee mediaalisesta kehräsluusta telaluuhun, kantaluuhun ja veneluuhun. (Herrera & Cooper 2008, 151)

6 KETTERYYS JA KOORDINAATIO

Ketteryydelle kuten ei myöskään koordinaatiolle ole yhtä yleisesti urheilutieteen parissa hyväksyttyä määritelmää. Ketteryyttä on kuvailtu usein hyvin pelkistetyksi kykyä vaihtaa nopeasti suuntaa. Sheppard ja Young kuvasivat vuonna 2006 artikkelissaan ketteryyden juoksulajeissa (jalkapallo) seuraavalla tavalla: ketteryyteen vaikuttaa kaksi komponenttia, suunnanvaihdosnopeus ja aistien sekä päätöksenteon komponentit. Suunnanvaihdosnopeuteen vaikuttavat tekniikka, suorajuoksunopeus, antropometria eli kyky tiedostaa oman kehon mittasuhteet sekä alaraajojen lihasominaisuudet, joita ovat reaktiivinen voima, konsentrinen voima ja teho sekä alaraajojen lihastasapaino. Aistienvaraisten ja päätöksentekokyvyn osa-alueisiin vaikuttavat visuaaliset havainnot, ennakointikyky, tilanteen tiedostamisen sekä toimintamallin tunnistaminen. Ketteryyttä voidaan kuvailla jalkapallossa esimerkiksi seuraavasti: jalkapalloilija joka nopeasti kiihdyttää tai hidastaa suoralla matkalla välttääkseen vastustajan reagoiden tämän tai pallon liikkeeseen nopealla suunnan muutoksella. (Sheppard & Young 2006; Brughelli, Cronin, Levin & Chaouachi 2008)

Koordinaatio on kyky harmonisesti kontrolloida lihaksia useissa nivelissä, raajoissa ja vartalossa sekä vartalon massaa liikkeen aikana. Eri kehon osien koordinaatiolla tarkoitetaan kykyä suorittaa vaihtelevia liikesarjoja. Koordinaatio on kyky, jonka avulla henkilö pystyy hallitsemaan yksittäiset kehon osat suorittaessa monimutkaisia liikesarjoja ja integroimaan nämä kehon osat yksittäiseksi, sujuvaksi ja onnistuneeksi liikkeeksi. Taito voi pitää sisällään silmä – jalka koordinaation, kuten jalkapallossa pallon potkaiseminen, tai silmä – käsi koordinaation, jossa palloa heitetään tiettyyn kohteeseen. Jotkut urheilulajit vaativat kokonaisvaltaista kehon koordinaatiota, kuten voimistelutarja nojapuilla joka vaatii koordinaation lisäksi ajoitusta. (Donatelli 2007, 266; Singer 1980, 199)

7 KASVUN VAIKUTUS NUOREEN URHEILIJAAAN

Liikkuvan ja urheilevan nuoren kasvatuksessa on hyvä ymmärtää lapsen kasvun ja kehityksen perusteet. Pelkkä tietämys pituus – ja painonkasvusta ei usein riitä, on ymmärrettävä myös esim. neuromuskulaarisen rakenteen ja toiminnan osuus liikkumisessa. Alaraajan lihasten toiminta yhdessä jalan tukirakenteiden kanssa toimii hyvänä esimerkkinä tästä. (Mero, Nummela, Keskinen & Häkkinen 2007, 10)

Kasvunopeus on suurimmillaan lapsen ensimmäisten kahden elinvuoden aikana, sekä puberteetin eli murrosiän yhteydessä (noin 12- 16 vuoden iässä). Tyypillistä murrosiän kasvuvaiheelle on kasvupyrähdys, joka kestää noin kaksi vuotta. Murrosiässä pituuskasvu voi olla tytöillä 10 cm vuodessa ja pojilla jopa 12 cm yhden vuoden aikana. (Komi 1996, 321) Murrosiän kasvupyrähdys on havaittavissa lähes kaikissa luuston ja lihaksiston mitoissa. Kasvupyrähdysten aikaan saa pääasiassa androgeeni eli testosteronierityksen lisääntyminen. Murrosiässä myös elimistön kasvuhormonipitoisuudet nousevat. Kasvuhormoni vaikuttaa erityisesti raajojen kasvuun, kun taas androgeenin vaikutus kohdentuu selkärankaan. (Mero ym. 2007, 11-12, 28)

Suomalaisilla pojilla suurin pituuden kasvupiikki on noin 14 vuoden iässä. Painon lisääntyminen on suurimmillaan puoli vuotta pituuden kasvupiikkiä myöhemmin. Voiman lisääntymisen huippu on puoli vuotta painon lisääntymisen huipun jälkeen. Yksilölliset erot voivat olla silti merkittäviä. (Mero ym. 2007, 11-14) Hermosto sen sijaan kehittyy jo varsin varhaisessa vaiheessa, ollen neljän vuoden iässä lähes 80% maksimaalisesta ja kahdeksan vuoden iässä se on kypsynyt lähes täyteen suorituskyyneensä. Tämä mahdollistaa koordinaation harjoittamisen jo hyvin varhaisella iällä (Mero ym, 2007, 22). Harjoittelun avulla voidaan kehittää lapsen liiketarkkuutta ja motorista suorituskyyä, mutta tarkkaan ei tiedetä kuinka paljon harjoittelu vaikuttaa silloin, kun kehittyminen on vielä kesken (Alapaattikoski ym. 2005).

Lapsen tasapainon arviointi on haastavaa, koska motorinen kehittyminen on yksilöllistä ja sitä tapahtuu jatkuvasti. Tasapainoon vaikuttaa motoristen edellytysten lisäksi myös useat muut tekijät, kuten lapsen rakenteelliset ominaisuudet, motivaatio sekä

mahdolliset ympäristö- ja häiriötekijät. Rakenteellista ominaisuuksista kehon mittasuhteilla on merkittävä vaikutus lapsen tasapainon hallintaan. Biomekaanisesti tutkituna alle 15- vuotiailla pään ja ylävartalon massa on suurempi suhteessa alavartaloon, näin lasten kehon keskipiste sijaitsee ylempänä verrattuna aikuisiin. Lasten kehon keskipiste sijaitsee T12-nikamatasolla, kun taas aikuisten kehon keskipiste on L1-S1 tasolla. (Alapaattikoski ym. 2005)

Koordinaatio- ja tasapainohäiriöistä kärsivillä lapsilla tasapainon hallitsemisen ongelmat korostuvat tukipinta-alan pienentyessä, esimerkiksi yhdellä jalalla seisoessa. EMG- tutkimuksilla on osoitettu näillä lapsilla olevan suurempi lihasaktivaatio nilkan ja jalkaterän alueen lihaksissa suhteessa muihin lapsiin. (Alapaattikoski ym. 2005)

Kasvupiikin aikana murrosiässä nuorilla urheilijoilla sääri- ja reisiluu kasvavat verrattain nopeasti molemmilla sukupuolilla. Ihmiskehon kahden suurimman vipuvarren nopea kasvu saa aikaan pituuden kasvun, joka puolestaan saa aikaan kehon massan keskipisteen nousemisen ylemmäs. Kehon massan keskipisteen nouseminen ylemmäs yhdistettynä pituuden kasvuun johtaa vartalon hallinnan hankaloituminen. Tämä puolestaan edelleen hankaloittaa tasapainon hallintaa etenkin nopeiden liikkeiden aikana. Voidaan olettaa, että edellä mainitusta johtuen murrosiässä etenkin kasvupiikin aikana esiintyy vartalonhallinnan laskua, joka ilmenee etenkin dynaamisten tehtävien aikana. (Myer, Chu, Brent & Hewett 2008)

8 LANTIO-ALARAAJAKETJUN HALLINNAN HARJOITTAMINEN

Liikkeen hallintaa harjoiteltaessa tulee suoritettavien liikkeiden ja toistojen olla hitaita ja teholtaan matalia. Lisäksi ne tulee suorittaa vain sillä liikeradalla jonka suorittaja kykenee aktiivisesti hallitsemaan. (Comerford & Mottram 2001a; Comerford & Mottram 2001b) Terveillä ihmisillä syvien lihasten aktivaatio tapahtuu automaattisesti ennen liikettä suorittavan raajan lihaksen aktivaatiota. Näin tapahtuu myös kun keho havaitsee ennalta kuorman lisäyksen. Tästä syystä, niiden spesifin harjoittelun

sijaan, oleellista voisikin olla kiinnittää huomiota suoritustekniikkaan sekä nivelten asennonhallintaan suhteessa kineettisen ketjun muihin niveliin. (Richardson ym. 2005, 21)

Kineettisen ketjun harjoitteet voidaan jakaa kahteen ryhmään, avoimen sekä suljetun ketjun harjoitteisiin. Avoimessa ketjussa liikesegmentin yhden segmentin liike ei ole riippuvainen toisen segmentin liikkeestä, kun taas suljetussa ketjussa segmenttien liikkeet ovat toisistaan riippuvaisia. (Magee ym. 2007, 477) Suljetun ketjun harjoitteet ovat toiminnallisempia verrattuna avoimen ketjun harjoitteisiin. Suljetunketjun harjoite aiheuttaa nivelessä kompression distaalisten ja proksimaalisten segmenttien liikkuaessa kuormittaakseen pitkittäin koko vartalon, jalat mukaan lukien. (Richardson ym. 2005, 96) Suljetun ketjun harjoitteet korostavat yksinivelisten lihasten työtä niiden vastustaessa ulkoisia voimia. Pystyasennossa tehdyt lantio-alaraajaharjoitteet, kuten askelkyykky, ovat toiminnallisempia kuin esimerkiksi jalkaprässi. Nämä pystyasennon harjoitteet vaativat myös painovoimaa, huojuntaa sekä tasapainoa ylläpitävää lihaskontrollia. Tällaista lihaskontrollia jalkaprässi ei sen sijaan vaadi. (Richardson ym. 2005, 96-97)

8.1 Superkompensaatio

Superkompensaatio voidaan jakaa neljään osaan; harjoitus, väsyminen, palautuminen ja adaptaatio. Urheilijan harjoittellessa tarvitsee kehon tuottaa suorituksen vaatima energiamäärä, mutta mikäli näin ei tapahdu johtaa tämä energiavarastojen tyhjentyminen fatiikkiin eli väsymiseen. Tämä on superkompensaation ensimmäinen vaihe, jota kuvaillaan suorituskyvyn hetkellisenä laskemisena. Harjoittelun jälkeen tulee kehon päästä takaisin homeostaattiseen eli tasapainoiseen tilaan elimistön sisällä. Energiavarastot täyttyvät ja oheistuotteet kuten maitohappo poistuvat elimistöstä, samanaikaisesti kudokseen harjoittelusta syntyneet mikrotraumat paranevat ja näin ennaltaehkäisevät tulevilta vakavimmilta vammoilta. Nämä funktiot tapahtuvat superkompensaation toisessa vaiheessa jota kutsutaan kompensaatio- tai palautumisvaiheeksi. Kolmas vaihe, nimeltään superkompensaatiovaihe, on kokonaisuuden kannalta tärkein. Tämän aikana keho saavuttaa uuden, korkeamman homeostaattisen tilan, joka tarkoittaa muun muassa, että mitä enemmän energiaa varastoidaan, sitä

enemmän proteiinia syntetisoituu tehokasta ja dynaamista lihastyötä varten. Samanaikaisesti happea varastoituu riittävästi mitokondrioihin korkeatasoisesti verisuoniverkoston ansiosta. Superkompensaation saavuttamiseksi tulee kehon palautua kehon ollessa, joko täysin levossa tai pienen rasituksen alaisena. Palautumisaika on riippuvainen edellisen harjoitteen intensiteetistä ja kestosta. Tänä aikana glyko-geenivarastot täyttyvät kokonaan ja lihasproteiinisynteesi saavuttaa korkeimman tasonsa. Superkompensaatio ei kuitenkaan toteudu, jos keho ei ole palautunut edellisestä harjoitteesta. Ideaalitulanteessa harjoittelun tulee olla säännöllistä, jossa urheilija ylittää elimistön tasapainotilan säännöllisen harjoitusärsyksen ansiosta. (Whyte 2006, 5-7)

8.2 Harjoittelun progressiivisuus ja määrä

Harjoittelun vastus on riittävä kun se kykenee häiritsemään kehon tasapainotilaa. Kehon sopeuduttua vastukseen tulee tätä progressiivisesti lisätä, jotta harjoittelusta syntyvä ärsyke kykenee jälleen saamaan aikaan hetkellisen yllärasitustilan. Progressiivisuus voidaan saada aikaan lisäämällä harjoituskertoja, intensiteettia tai harjoituksen kestoa. (Magee ym. 2007, 363)

Voimaharjoittelua tulisi olla 2-3 kertaa viikossa (ACSM 2010, 168). Harjoittelun tulisi tapahtua mielellään muun harjoittelun ohessa. Voimaharjoittelussa liikkeitä tulisi olla 4-8 kappaletta ja liikkeiden hallinta on hyvin tärkeää. (Hakkarainen 2009, 201)

8.3 Neuromuskulaarinen harjoittelu

Neuromuskulaarisen kontrollin osa-alueista lihasten hermostollisen kontrollin vaikutus stabiloiviin voimiin on ainoa väylä, jonka avulla voidaan esimerkiksi harjoittaa dynaamista polven stabiliteettia terapeuttisin interventioin. (Williams ym. 2001)

Neuromuskulaarisessa harjoittelussa on monia keinoja harjoittaa neuromuskulaarista kontrollia. Käytetyimpiä menetelmiä ovat harjoitteet tasapainolaudalla, toiminnalliset harjoitteet kuten plyometriset hyppyharjoitteet tai suoritustekniikka harjoitteet. Suo-

ritustekniikkaan keskittyvissä harjoitteissa korostetaan oikeanlaista suoritustekniikkaa esimerkiksi hypystä laskeutumisessa. Suosittuja ovat myös erilaiset häirintäharjoitteet, joissa pyritään häiritsemään suorittajan tasapainotilaa. Näiden harjoitusmenetelmien päämääränä on toistuvasti haastaa ja häiritä yksilön kykyä säilyttää, joko staattinen tai dynaaminen kontrolli esimerkiksi polvinivelessä ja tämän kohentuneen neuromuskulaarisen kontrollin kautta voidaan vaikuttaa nivelen stabiliteettiin. (Magee ym. 2007, 381-385)

Neuromuskulaarisia harjoittelutyylejä voidaan käyttää joko yksittäin tai kuten yleisesti eri tyylien yhdistelmiä. Erilaisten harjoitteiden yhdistelmä harjoitusohjelmat ovat olleet aikaisempien tutkimusten mukaan tehokkaampia vammojen ennaltaehkäisyssä. Neuromuskulaarisen kontrollin ja sen tasapainon parantuminen on oleellista jokaiseen liikesuuntaan. Kaikki neuromuskulaariset harjoitteet tuottavat stimulusta neuromuskulaarisen kontrollin parantamiseksi. Neuromuskulaarisessa harjoittelussa on tärkeää että harjoitteiden suorittaja kykenee suorittamaan harjoitteet oikealla tekniikalla. Heikko kestävyys tai harjoitteen aikainen väsyminen saattavat aiheuttaa sen että harjoitteen tekijä ei kykene suorittamaan harjoitetta oikealla tekniikalla. Lihaksen väsymisen on todettu vaikuttavan negatiivisesti sensoriseen palautteeseen ja täten vaikuttavan proprioseptiikkaan sekä liikesuoritukseen haitallisesti. Suorituksen aikana annettu välitön palaute auttaa harjoitteen tekijää korjaamaan virheellistä suoritetta välittömästi. Harjoitteen jälkeinen palaute on myös tärkeää harjoitteiden laadun suhteen. Kognitiivinen oikean asennon ja suoritustekniikan tunnistaminen helpottaa motoristen liikemallien uudelleen oppimista ja mahdollistaa liikkeen automatisaation. (Magee ym. 2007, 381-385)

Tasapainoharjoitteiden tarkoitus on fasilitoida asennon hallintaan vaikuttavia proprioseptisia komponentteja ja tätä kautta vähentää asennon huojusta. Häirintäharjoitteilla pyritään vaikuttamaan myös asennon hallintaan vaikuttavien proprioseptisia komponentteja. Häirinnän mukaan tulon myötä nämä harjoitteet sisältävät lisätyn ulkoisen häiriötekijän tai voiman, jota vastaan harjoittelija pyrkii säilyttämään asennon hallinnassa kehon reaktioiden eli feedback kontrollin avulla. Plyometrisissa harjoitteista käytetään myös nimeä reaktiivinen neuromuskulaarinen harjoittelu, hyppyharjoittelu tai dynaaminen neuromuskulaarinen harjoittelu. Nämä harjoitteet ovat jatkuvaluontoisia liikkeitä ja niiden avulla pyritään vaikuttamaan neuromuskulaarisen

systeemin kykyyn käyttää lihasten venymis- lyhenemis sykliä tehokkaasti. Tekniikkaharjoittelu voi pitää sisällään, jonkin spesifin harjoitteen suorittamisen samalla keskittyen täysin harjoitteen oikeaan tekniikkaan. Tekniikkaan keskittyvissä harjoitteissa niiden suorittajia ohjataan tekemään harjoitteet väsymiseen saakka tai kunnes harjoite ei enää onnistu biomekaanisesti oikealla tavalla. (Magee ym. 2007, 381-385)

8.4 Nuorten harjoittelun erityispiirteitä

Puberteetti on tärkeä vaihe nuorten voiman kehityksessä. Riittävä voimaharjoittelu on tärkeää kasvupiikin aikana, sillä optimaalinen lihaksisto stabiloi nopeasti kasvavaa luustoa. (Komi, 1996, 321)

Suunniteltaessa harjoitusohjelmaa nuorelle kasvuikäiselle urheilijalle on syytä huomioida iän asettamat erityisvaatimukset. Aina 15- ikävuoteen asti voidaan harjoitteet suorittaa ilman painoja tai vastuksia. Huomio tulisi sen sijaan pitää liikesuoritusten oikeassa koordinaatiossa sekä liikkeen puhtaudessa. Oikeat liikemallit on hyvä ohjata perusteellisesti nuorelle urheilijalle virheellisten liikemallien välttämiseksi. Virheellisesti opittuja liikemalleja on vaikea myöhemmin korjata ja kasvuiässä ne saattavat johtaa vammoihin tai jopa ryhtivikoihin. (Erämetsä & Laakko 1998, 128)

9 TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimme lantio-alaraajaketjun hallinnan harjoitteiden vaikutusta yhden jalan staattiseen tasapainoon, lajinomaiseen ketteryyteen ja koordinaatioon 13- 14 vuoden ikäisillä jalkapalloilijapoilla. Harjoitteiden vaikutusta yhden jalan staattiseen tasapainoon arvioitiin Metitur- voimalevyanturin avulla. Lajinomaista ketteryyttä ja koordinaatiota arvioi Suomen Palloliiton käyttämä ketteryys-koordinaatorata.

Tutkimuskysymyksemme olivat seuraavat:

1. Mikä on lantio-alaraajaketjun hallinnan harjoittelun vaikutus yhden jalan staattiseen tasapainoon?
2. Mikä on lantio-alaraajaketjun hallinnan harjoittelun vaikutus jalkapalloilijalle lajinomaisen ketteryyden ja koordinaation kehittymiseen?

10 TUTKIMUSMENETELMÄT

10.1 Testiryhmä

Tutkimukseen osallistui 17 jalkapalloilijapoikaa, jotka olivat iältään 13- 14- vuoden ikäisiä. Joukkueella on tapahtumia viikossa 4-5, sisältäen pelit ja harjoitukset. Tutkimuksen alkaessa osallistujat olivat keskiarvoltaan 163,5 cm pitkiä (keskihajonta (s) = 9,64) ja painoivat 52,2 kg (s = 9,68). Alkumittauksiin osallistui 17 testiryhmän jäsentä. Yksi testiryhmän jäsenistä ei alkutesteissä osallistunut ketteryysskoordinaatorataan selkäkipujen vuoksi, jonka seurauksena hänet valittiin automaattisesti vertailuryhmään. Muut 16 testiryhmän jäsentä jaettiin kahdeksan hengen tutkimus- ja vertailuryhmiin sokkoutettuna ulkopuolisen henkilön avustamana.

10.2 Tutkimusasetelma

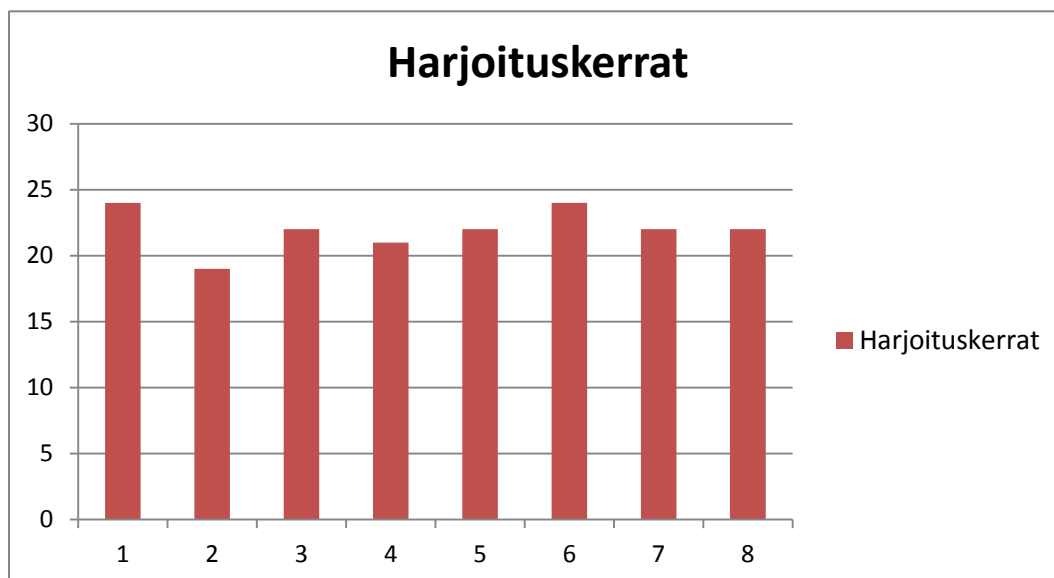
Sopimus Musan Salaman kanssa tehtiin tammikuussa 2010. Alkumittaukset pidettiin tutkimukseen osallistuvalle ryhmälle toukokuun 31. päivä 2010. Ennen tutkimuksen alkua koko ryhmälle pidettiin infotilaisuus, jossa kerrottiin tutkimuksen kulusta ja toteutuksesta. Osallistuminen tutkimukseen oli vapaaehtoista ja jokaiselta osallistujalta vaadittiin huoltajan lupa.

Interventio toteutettiin alku- ja loppututkimusten välissä ja sen kesto oli kahdeksan viikkoa. Ennen intervention alkua pidimme valmentajien kanssa erillisen palaverin, jossa opastimme valmentajat ohjaamaan interventiossa käytetyt harjoitteet. Valmen-

tajat saivat myös kirjalliset ja kuvalliset ohjeet jokaisesta yksittäisestä harjoituksesta (LIITE 1-3). Tarkoituksemme oli auttaa valmentajia näkemään ja korjaamaan mahdolliset virhesuoritukset. Lisäksi painotimme asennon hallinnan ja harjoitteiden oikean suoritustavan tärkeyttä. Tämän lisäksi kävimme kahdeksan viikon aikana neljästi arvioimassa harjoitusten kulkua.

Loppumittaukset suoritettiin heinäkuun 26. päivä 2010, kahdeksan viikkoa alkumittausten jälkeen. Loppumittauksissa oli mukana kahden jäsenen poissaolon takia seitsemän tutkimusryhmän ja kahdeksan vertailuryhmän jäsentä. Tutkimuksen tulokset saimme vertaamalla alku- ja lopputestien tuloksia keskenään. Yhden jalan staattisessa tasapainotestissä tutkittavat tekivät niin alku- kuin loppumittauksissa kaksi testisuoritusta, joista valitsimme paremman suorituksen pienemmän vauhtimomentin mukaan. Ketteryys-koordinaatioradan alku- ja lopputestit suoritti seitsemän tutkimusryhmän ja seitsemän vertailuryhmän jäsentä. Osallistujat suorittivat radan kaksi kertaa, joista paremman suorituksen tulos jäi voimaan. Selkäkipujen takia ketteryys-koordinaatioradan alkutesteissä väliin jättänyt vertailuryhmän jäsen osallistui pelkästään tasapainotulosten vertailuun.

Kahdeksan viikon harjoitusjakson aikana tutkimusryhmän oli määrä harjoitella kolme kertaa viikossa. Kaksi kahdeksasta tutkimusryhmän jäsenestä harjoitteli kahdeksan viikon aikana täydet 24 kertaa. Keskimäärin yksi tutkimusryhmän jäsen harjoitteli kahdeksan viikon aikana 22 kertaa, keskihajonnan ollessa 1,60. Määrällisesti vähäisin osallistuminen oli tutkimusryhmän jäsen nro. 2:lla, joka osallistui 19 harjoitukseen (KAAVIO 1).



KAAVIO 1. Tutkimusryhmän osallistumiskerrat

10.3 Mittarit

Mittareina toimivat Metitur- voimalevyanturi, jolla mitattiin yhden jalan statista tasapainoa, sekä Suomen Palloliiton käyttämä ketteryys-koordinaattorata.

10.3.1 Staattinen tasapaino

Tasapainon mittaamisessa käytettiin Metitur- voimalevyanturia. Se on tietokonepohjainen systeemi (Good Balance™, Metitur ltd), joka koostuu tasasivuisesta kolmion muotoisesta voimalevystä (leveys 800mm, korkeus 70mm), ja sen jokaisessa kulmassa on kuormitusmittarit, kolmikanavainen DC-vahvistin, kahdeksankanavainen 12-tavuinen analogi-digitaalimuunnin (näytteenottotiheys 50 Hz) ja ohjelma asennettuna kannettavaan tietokoneeseen (Windows NT 4.0 käyttöjärjestelmä). (P. Era ym. 2006)

Testattavan seisoessa voimalevyllä jokaisesta voimalevyn kulmasta tulee signaaleja sen hetkisistä pystysuorista voimista. Systeemi laskee signaalien perusteella X- (mediolateraalinen, ML) ja Y- (anteroposteriorinen, AP) koordinaatit painon keskipisteen perusteella. Näiden x- ja y- koordinaattien perusteella lasketaan seuraavat parametrit: 1) painon keskipisteen muutos AP-suunnassa (keskiarvo mm/s), 2) painon keskipisteen muutos ML- suunnassa (keskiarvo mm/s) ja 3) vauhtimomentin kes-

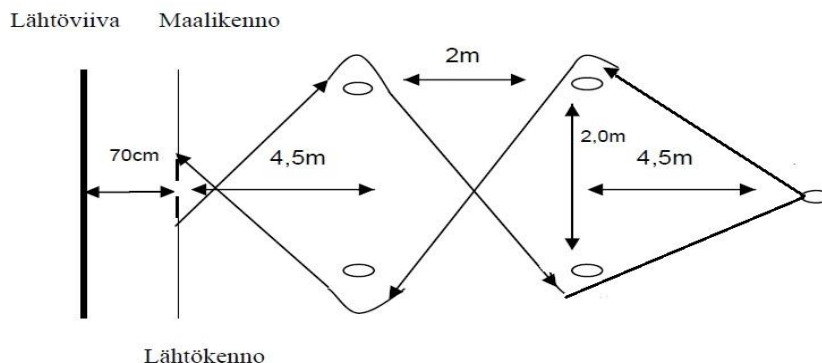
kiarvo (mm^2/s). Vauhtimomenttia laskettaessa otetaan huomioon sekä painon keskipisteen liikkeen nopeus, että liikkeen etäisyys painon keskipisteestä testin jokaisen sekunnin aikana. (Era ym. 2006)

Staattisen tasapainotestin suorituspaikkana toimi Satakunnan Ammattikorkeakoulun Sosiaali- ja terveystieteiden toimipisteen testiluokka. Voimalevyanturi oli asetettu kolmen metrin päähän seinästä, johon teippasimme rastin kiintopisteeksi katseen kohdistamista varten. Rasti oli 1,70 metrin korkeudella lattiasta. Seinään asetetun rastin korkeuden valitsimme ryhmän pituuden keskiarvon (163,5 cm) ja voimalevyanturin korkeuden (7,0 cm) perusteella. Shumway-Cook ja Woollacot (2007) korostivat katseen kiinnittämistä yhteen pisteeseen testin suorittamisen aikana. Testattava suoritti ensin harjoitussuorituksen molemmin jaloin, jonka jälkeen oli neljä virallista testisuoritusta, kaksi molemmin jaloin. Jokaisen suorituksen kesto oli 30 sekuntia ja testisuorituksista parempi tulos valikoitui pienemmän vauhtimomentin keskiarvon mukaan.

10.3.2 Ketteryys- ja koordinaattiorata

Ketteryyttä ja koordinaatiota mitattiin Suomen palloliiton käyttämällä testillä. Testissä pelaajan on määrä juosta kartioista muodostettu rata alusta loppuun mahdollisimman pienessä ajassa. Ajan mittaamisessa käytimme sähköistä ajanottojärjestelmää (Newtest Oy powertimer). Lähtö- ja maalikennnot olivat sijoiteltuna vastakkain lähtö- ja maalipaikalle, 70 senttimetrin päähän lähtöviivasta. Rata rakennettiin viidestä kiertävästä kepeistä. Neljä kepeistä sijoitettiin niin, että niistä muodostui keskelle rataa neliö, jonka lähin sivu oli 4,5 metrin etäisyydellä lähtö- ja maaliviivasta. Neliön sivujen pituus oli kaksi metriä. Viides keppi asetettiin 4,5 metrin päähän neliön kauimmaisesta sivusta. Kauimpana sijaitseva viides keppi sijaisi siis 11 metrin päässä lähtö- ja maalikennnoista.

Pelaajan tehtävänä oli juosta lähtökennolta kuvion mukaisesti (KUVA 2) viidennen kepin luo, jota testattavan pelaajan tuli koskettaa kädellä. Tämän jälkeen pelaajan tuli juosta rata loppuun mahdollisimman nopeasti. Aika pysähtyi, kun pelaaja ohitti maalikennon. Jokainen pelaaja suoritti testin kahdesti, joista nopeampi aika jäi voimaan.



KUVA 2. Suomen Palloliiton Ketteryys- ja koordinaatiorata

10.4 Harjoitusohjelma

Harjoitusohjelman kesto oli kahdeksan viikkoa. Yhden harjoitusviikon aikana tutkimusryhmä teki ohjelman kolmesti joukkueen omien harjoitusten yhteydessä. Tuon ajan vertailuryhmä teki normaalisti lajiharjoittelua. Yhden harjoituskerran kesto oli noin 15-20 minuuttia. Harjoituskerta piti sisällään viisi harjoitetta, jotka tehtiin pareittain vuorotellen. Ensimmäisen neljän viikon aikana yhden harjoitteen kesto oli 30 sekuntia, jota seurasi 30 sekunnin tauko, jonka aikana toinen parista teki harjoitteen. Jokainen harjoite suoritettiin kahdesti, kerran molemmin jaloin. Progressiivisen harjoittelun periaatetta noudattaen nostimme viimeiseksi neljäksi viikoksi yksittäisen harjoitteen kestoksi 45 sekuntia. Samalla myös palautumisen aika nousi 45 sekuntiin. Valitsimme ajan toistomäärän sijasta, jotta jokainen harjoite suoritettaisiin keskittyen vain harjoitteen laatuun. Lisäksi harjoitteita päivitettiin harjoitusjakson aikana kolmesti vaikeustasoltaan haastavimmiksi. Edellisen viikon harjoitteista säilytettiin liikkeitä, jotka koettiin seuraavalle jaksolle riittävän laadukkaiksi ja haastaviksi.

Harjoitusohjelman harjoitteet koottiin alan aikaisemmista tutkimuksista, kirjallisuudesta sekä videomateriaaleista. Valitut harjoitteet ovat vaativia ja toiminnallisia koko lantio-alaraajaketjun harjoitteita, jotka haastavat asennonhallintaa neuromuskulaarisen kontrollin kautta. Harjoitteet ovat sekoitus erilaisista neuromuskulaarisen harjoit-

telun menetelmistä. Harjoitteet olivat suljetunketjun harjoitteita ja ne suoritettiin pystyasennossa, jotta toiminnallisuus korostuisi. Harjoitteet suoritettiin alkulämmittelynomaisena harjoitteluna ennen itse lajiharjoittelua, jotta väsyminen ei vaikuttaisi harjoitteiden laatuun. Valmentajat antoivat harjoitteista palautetta sekä suorituksen aikana että sen jälkeen. Pariharjoittelu mahdollisti palautumisvuorossa olevan osapuolen osallistumisen myös palautteen antamiseen. (Donatelli 2007, 161-162; Soligard ym. 2008; Mandelbaum ym. 2005; Steffen, Bakka, Myklebust & Bahr 2008; Steffen, Myklebust, Olsen, Holme & Bahr 2008; Filipa ym. 2010; Spry & Ruttensteiner 2008; Ruttensteiner & Hitzer 2008; OFB & Ski Austria 2004)

11 TULOKSET

11.1 Staattinen tasapaino

Yhden jalan staattisesta tasapaino- testistä käytettiin kolmea arviointikriteeriä; painon keskipisteen muutos anteroposteriorisessa (AP)- suunnassa (mm/s), painon keskipisteen muutos mediolateraalissa ML- suunnassa (mm/s) ja vauhtimomentin arvon (mm^2/s).

11.1.1 Anteroposteriorinen huojunta

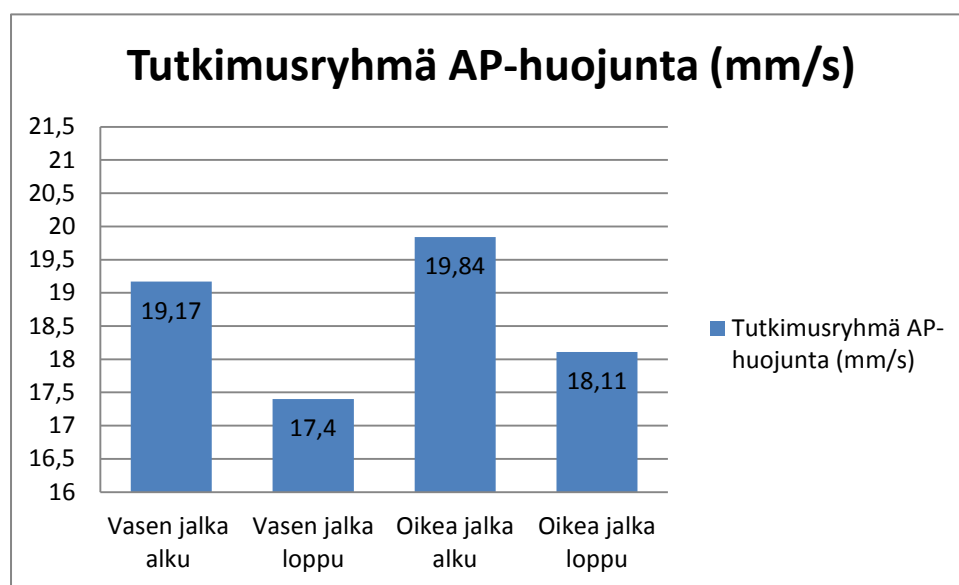
Alkumittauksissa tutkimusryhmän vasemman alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo AP- suunnassa oli 19,17 mm/s (keskihajonta (s) = 2,86) ($P = 0,000$). Loppumittauksissa vasemman alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo oli 17,40 mm/s ($s = 2,73$) ($P = 0,000$). Tutkimusryhmän huojunnan keskiarvo AP- suunnassa väheni 1,77 mm/s.

Alkumittauksissa tutkimusryhmän oikean alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo AP- suunnassa oli 19,84 mm/s ($s = 3,70$) ($P = 0,000$). Loppumittauksissa oikean alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo oli 18,11 mm/s ($s = 4,65$)

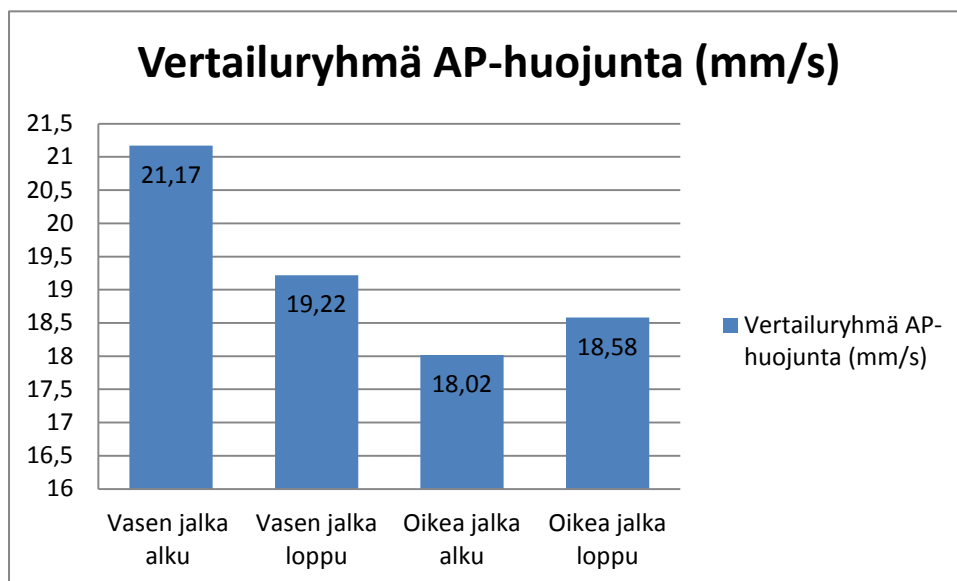
($P = 0,002$). Tutkimusryhmän huojunnan keskiarvo AP-suunnassa väheni 1,73 mm/s (KAAVIO 2).

Alkumittauksissa vertailuryhmän vasemman alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo AP- suunnassa oli 21,17 mm/s ($s = 4,29$) ($P = 0,000$). Loppumittauksissa vasemman alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo oli 19,22 mm/s ($s = 4,68$) ($P = 0,000$). Vertailuryhmän huojunnan keskiarvo AP-suunnassa väheni 1,95 mm/s.

Alkumittauksissa vertailuryhmän oikean alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo AP- suunnassa oli 18,02 mm/s ($s = 2,86$) ($P = 0,000$). Loppumittauksissa oikean alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo oli 18,58 mm/s ($s = 4,45$) ($P = 0,000$). Vertailuryhmän huojunnan keskiarvo kasvoi 0,56 mm/s (KAAVIO 3).



KAAVIO 2. Tutkimusryhmän huojunta AP-suuntaisesti



KAAVIO 3. Vertailuryhmän huojunta AP-suuntaisesti

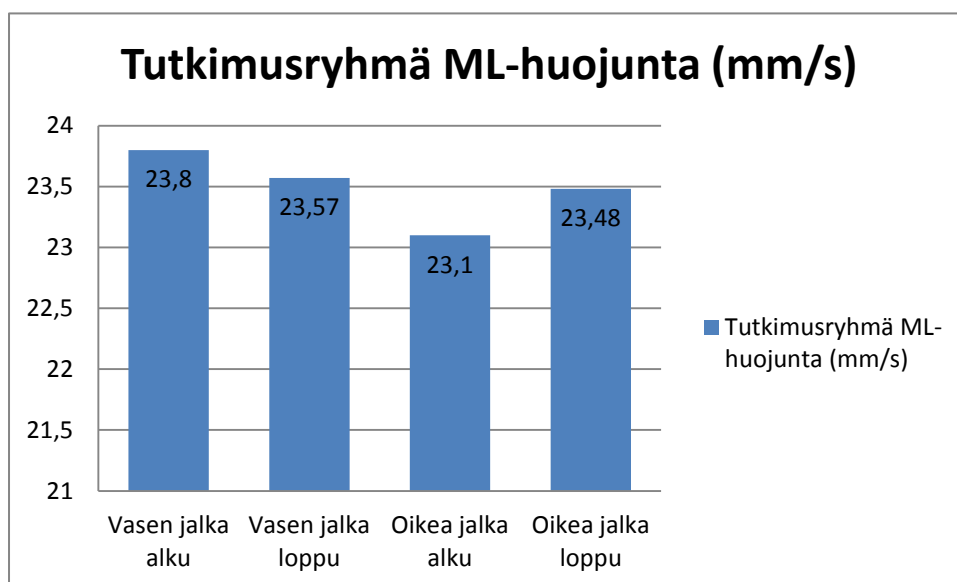
11.1.2 Mediolateraalin huojunta

Alkumittauksissa tutkimusryhmän vasemman alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo ML- suunnassa oli 23,80 mm/s ($s = 4,35$) ($P = 0,000$). Loppumittauksissa vasemman alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo oli 23,57 mm/s ($s = 5,23$) ($P = 0,001$). Tutkimusryhmän huojunnan keskiarvo ML-suunnassa väheni 0,23 mm/s.

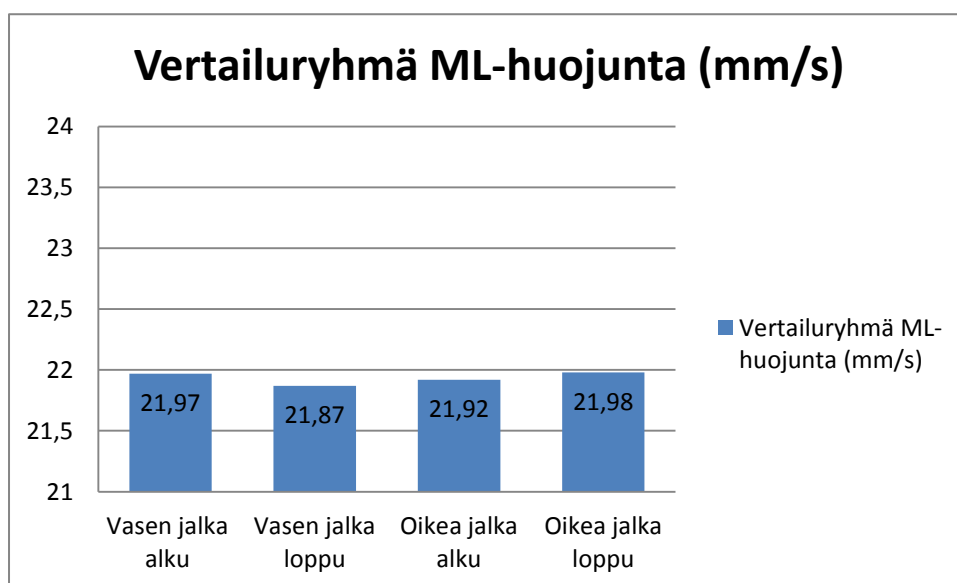
Alkumittauksissa tutkimusryhmän oikean alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo ML- suunnassa oli 23,10 mm/s ($s = 3,89$) ($P = 0,000$). Loppumittauksissa oikean alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo oli 23,48 mm/s ($s = 6,64$) ($P = 0,004$). Tutkimusryhmän huojunnan keskiarvo ML-suunnassa kasvoi 0,38 mm/s (KAAVIO 4).

Alkumittauksissa vertailuryhmän vasemman alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo ML- suunnassa oli 21,97 mm/s ($s = 2,53$) ($P = 0,000$). Loppumittauksissa vasemman alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo oli 21,87 mm/s ($s = 7,00$) ($P = 0,002$). Vertailuryhmän huojunnan keskiarvo väheni 0,10 mm/s.

Alkumittauksissa vertailuryhmän oikean alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo ML- suunnassa oli 21,92 mm/s ($s = 4,96$) ($P = 0,000$). Loppumittauksissa oikean alaraajan painon keskipisteen muutoksen keskiarvo oli 21,98 mm/s ($s = 5,09$) ($P = 0,000$). Vertailuryhmän huojunnan keskiarvo kasvoi 0,06 mm/s (KAAVIO 5).



KAAVIO 4. Tutkimusryhmän huojunta ML- suuntaisesti



KAAVIO 5. Vertailuryhmän huojunta ML- suuntaisesti

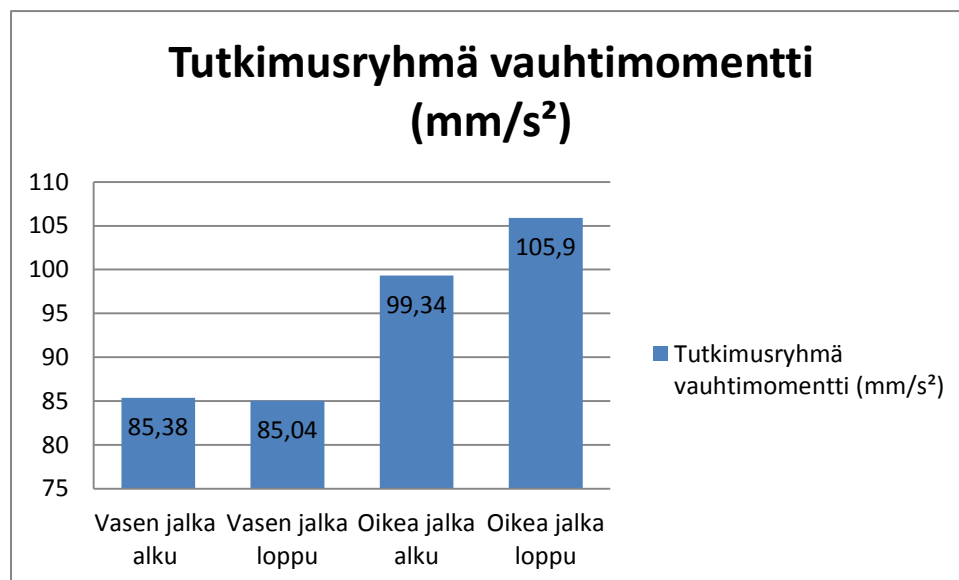
11.1.3 Vauhtimomentti

Alkumittauksissa tutkimusryhmän vasemman alaraajan vauhtimomentin keskiarvo oli 85,38 mm/s² (s = 16,94) (P = 0,000). Loppumittauksissa vauhtimomentti oli 85,04 mm/s² (s = 18,04) (P = 0,001). Vauhtimomentin keskiarvo väheni 0,34 mm/s².

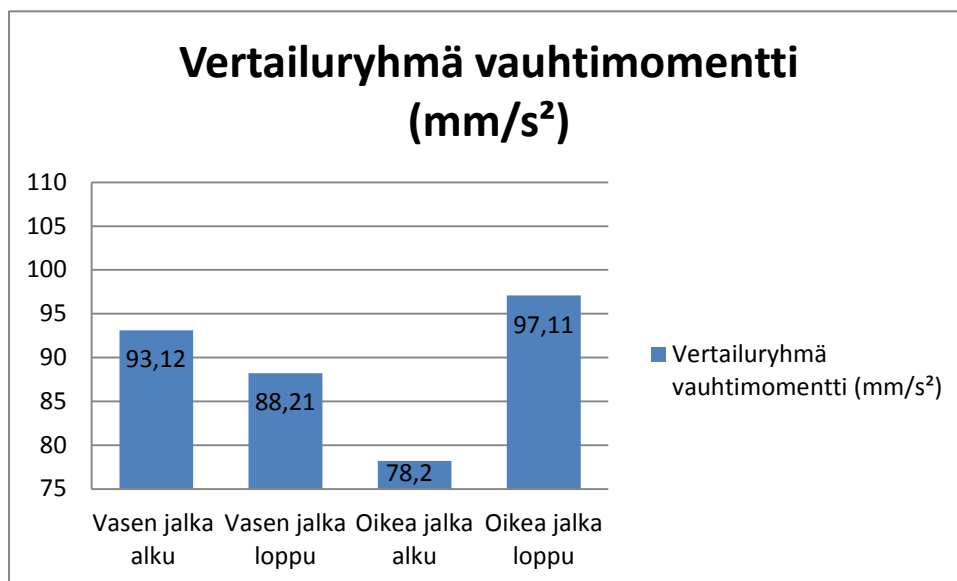
Alkumittauksissa tutkimusryhmän oikean alaraajan vauhtimomentin keskiarvo oli 99,34 mm/s² (s = 29,54) (P = 0,001). Loppumittauksissa vauhtimomentti oli 105,90 mm/s² (s = 40,94) (P = 0,024). Vauhtimomentin keskiarvo kasvoi 6,56 mm/s² (KAAVIO 6).

Alkumittauksissa vertailuryhmän vasemman alaraajan vauhtimomentin keskiarvo oli 93,12 mm/s² (s = 17,43) (P = 0,000). Loppumittauksissa vauhtimomentti oli 88,21 mm/s² (s = 23,97) (P = 0,001). Vauhtimomentin keskiarvo väheni 4,91 mm/s².

Alkumittauksissa vertailuryhmän oikean alaraajan vauhtimomentin keskiarvo oli 78,20 mm/s² (s = 17,49) (P = 0,000). Loppumittauksissa vauhtimomentti oli 97,11 mm/s² (s = 29,69) (P = 0,002). Vauhtimomentin keskiarvo kasvoi 18,91 mm/s² (KAAVIO 7).



KAAVIO 6. Tutkimusryhmän vauhtimomentti

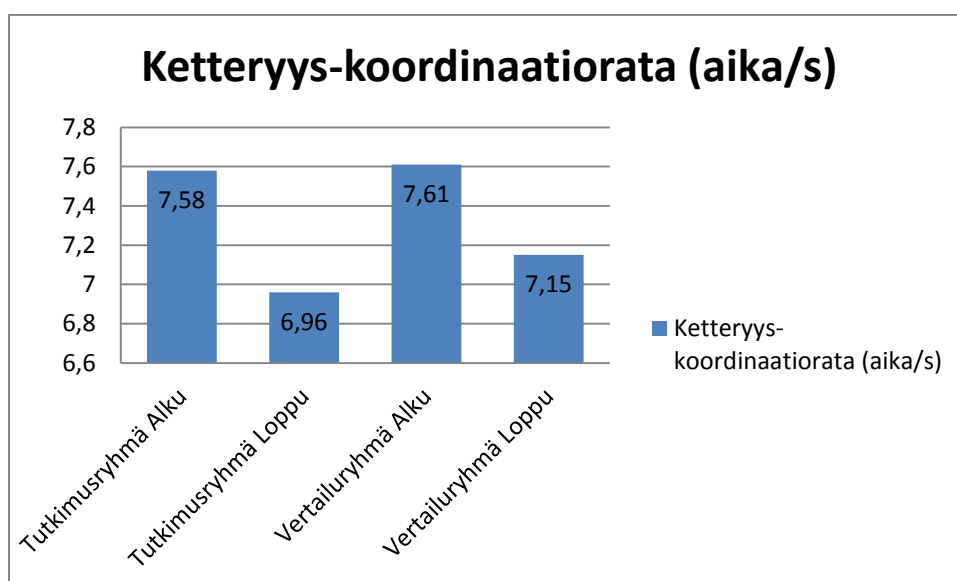


KAATIO 7. Vertailuryhmän vauhtimomentti

11.2 Ketteryys-koordinaattiorata

Tutkimusryhmän ajan keskiarvo alkutesteissä oli 7,58 sekuntia ($s = 0,23$) ($P = 0,000$). Lopputesteissä tutkimusryhmän tuloksen keskiarvo oli 6,96 sekuntia ($s = 0,25$) ($P = 0,000$). Tuloksen keskiarvo väheni 0,61 sekuntia.

Vertailuryhmän ajan keskiarvo alkutesteissä oli 7,61 sekuntia ($s = 0,16$) ($P = 0,000$). Lopputesteissä vertailuryhmän ajan keskiarvo oli 7,15 sekuntia ($s = 0,22$) ($P = 0,000$). Tuloksen keskiarvo väheni 0,46 sekuntia (KAATIO 8).



KAAVIO 8. Suomen palloliiton ketteryys- ja koordinaatiorata, tulos sekunteina

11.3 Pituus ja painomuutokset

Alkumittauksissa tutkimusryhmän pituuden keskiarvo oli 164,4 cm (keskihajonta 11,77). Painon keskiarvo oli 55,1 kg ($s = 9,76$). Loppumittauksissa tutkimusryhmän pituuden keskiarvo oli 166,1 cm ($s = 11,05$). Painon keskiarvo loppumittauksissa oli 56,6 kg ($s = 11,39$). Pituuden keskiarvo kasvoi 1,7 cm ja painon keskiarvo kasvoi 1,5 kg.

Alkumittauksissa vertailuryhmän pituuden keskiarvo oli 160,8 cm ($s = 8,11$). Painon keskiarvo oli 49,0 kg ($s = 10,49$). Loppumittauksissa vertailuryhmän pituuden keskiarvo oli 163,1 cm ($s = 7,71$). Painon keskiarvo oli 50,4 kg ($s = 11,56$). Pituuden keskiarvo kasvoi 2,3 cm ja painon keskiarvo kasvoi 1,4 kg.

12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Lantio-alaraajaketjun hallinnan harjoitteilla kykenimme vaikuttamaan merkitsevästi tutkimukseen osallistuneiden pelaajien AP- suuntaiseen huojuntaan ja lajinomaiseen ketteryyteen sekä koordinaatioon. Sen sijaan ML-suuntaiseen huojuntaan ja vauhtimomenttiin ei harjoitteilla näyttäisi olevan merkitsevästi vaikutusta.

AP-suuntaisen huojunnan keskiarvo vähentyi tutkimusryhmällä vasemmalla alaraajalla 1,77 mm/s ja oikealla alaraajalla 1,73 mm/s. Vertailuryhmän vastaavat tulokset olivat vasemman alaraajan huojunnan keskiarvon vähentyminen 1,95 mm/s ja oikealla alaraajalla huojunta kasvoi 0,56 mm/s. Lantio-alaraajaketjun hallinnan harjoitteiden voidaan katsoa vaikuttaneen AP-suuntaiseen huojuntaan positiivisesti, sillä tutkimusryhmän tulokset ovat parantuneet alku- ja loppumittausten välillä. Lisäksi tulokset tutkimusryhmällä ovat parantuneet molemminpuolisesti, kun taas vertailuryhmän tulokset heikkenivät toisella puolen.

Tutkimusryhmän ML-suuntainen huojunnan keskiarvo vähentyi vasemmalla alaraajalla 0,23 mm/s ja oikealla alaraajalla huojunnan keskiarvo kasvoi 0,38 mm/s. Vertailuryhmän vastaavat tulokset olivat vasemmalla alaraajalla huojunnan keskiarvon vähentyminen 0,10 mm/s ja oikealla alaraajalla huojunnan keskiarvon kasvaminen 0,06 mm/s. Lantio-alaraajaketjun hallinnan harjoitteiden ei voida katsoa vaikuttaneen ML-suuntaiseen huojuntaan merkittävästi, ryhmien tulokset eivät ole juuri muuttuneet alku- ja loppumittausten välillä.

Tutkimusryhmän vauhtimomentin keskiarvo vasemmalla alaraajalla väheni 0,34 mm/s², oikealla alaraajalla vauhtimomentin keskiarvo kasvoi 6,56 mm/s². Vertailuryhmän vastaavat tulokset olivat vauhtimomentin keskiarvon väheneminen vasemmalla alaraajalla 4,91 mm/s² ja oikealla alaraajalla huojunnan keskiarvo kasvoi 18,91 mm/s². Vauhtimomentin tulokset vaihtelivat ryhmän sisällä suuresti ja tämä heikensi tulosten merkitsevyyttä ryhmien keskiarvoja vertailtaessa, joten lantio-alaraajaketjun hallinnan harjoitteiden vaikutusta ei pystytty havaitsemaan.

Tutkimusryhmän tuloksen keskiarvo ketteryys-koordinaatioradalla vähentyi 0,61 sekuntia. Vertailuryhmällä tuloksen keskiarvo vähentyi 0,46 sekuntia. Lantio-alaraajaketjun hallinnan harjoitteilla voidaan katsoa olevan vaikutusta jalkapalloilijalle lajinomaisiin ketteryteen ja koordinaatioon, sillä tutkimusryhmän tuloksen keskiarvo kehittyi neljänneksen (25 %) enemmän suhteessa vertailuryhmään.

13 POHDINTA

Jalkapallo on maailman suosituin laji ja siksi halusimme tehdä opinnäytetyömme siihen liittyen. Tutkimuksen aiheen valintaa helpotti molempien vahva jalkapallotausta ja todellinen kiinnostus lajia kohtaan. Halusimme myös aiheen valinnan kautta antaa lajivalmennukselle uusia näkökulmia harjoitteluun. Toiminnallisten asennonhallinnan harjoitteiden on todettu vaikuttavan positiivisesti alaraajojen biomekaniikkaan hypystä laskeutumisen aikana, nivelten dynaamisen stabiliteetin tasoon sekä dynaamiseen tasapainoon ja juoksunopeuteen (Myer ym. 2005; Borghuis ym. 2011; Filipa

ym. 2010). Sen sijaan kyseisten harjoitteiden vaikutusta staattiseen tasapainoon, sekä lajinomaiseen ketteryyteen ja koordinaatioon ei ole juurikaan tutkittu.

Jalkapallossa suurin osa lajisuoritteista tapahtuu yhden jalan varassa. Tämä korostaa asennon hallinnan ja tasapainon merkitystä. Kineettisen ketjun periaatteen mukaan siihen kuuluvien segmenttien toiminta vaikuttaa seuraavien segmenttien toimintaan. Tästä syystä myös asennon hallintaa harjoiteltaessa tulisi ottaa huomioon koko ketju. Ajateltaessa lantion ja alaraajojen kineettisen ketjun rakenteita ja niiden vaikutusta kunkin nivelen stabiliteettiin tulee esille, että pelkästään lihasten voimaa harjoittamalla ei kyetä vaikuttamaan kaikkien rakenteiden stabiliteettiin vaikuttaviin ominaisuuksiin. Teoria osuudessamme läpikäydyt nivelet ja niiden stabiliteettiin vaikuttavien rakenteiden kautta havaitaan, että yhden nivelen stabiiliuteen vaikuttavat monet eri tekijät. Tämän takia tutkimuksessa käytetty neuromuskulaarisen harjoittelun periaatteita noudattava ohjelma saattaakin sopia perinteistä voimaharjoitteluohjelmaa paremmin, kun tarkoituksena on huomioida koko kineettinen ketju ja sen kaikkien nivelten stabiliteettiin vaikuttavat rakenteet.

Tutkittaessa staattista tasapainoa tulokset osoittivat että harjoitteilla saatiin merkitsevä vaikutus AP- suunnan huojuuntaan. Tutkimusryhmän AP-suunnan huojuunnassa tapahtui selvä kehitys, sen sijaan vertailuryhmän tulokset vaikuttivat sattumanvaraisilta. Harjoitteilla ei saatu ML-suunnan huojuuntaan merkitsevää vaikutusta, vaan tulokset pysyivät lähes ennallaan. Tämän saattaa selittää aikaisemmin tehdyssä tutkimuksessa löydetty ilmiö, jossa osoitettiin 13- vuoden ikäisillä jalkapalloilijapojilla olevan parempi ML- suunnan tasapainon hallinta verrattaessa muihin samanikäisiin poikiin (Biec & Kuczynski 2010). Jalkapallo lajina vaikuttaisi harjoittavan näin ollen tasapainoa ML-suunnassa ja tämän takia siihen harjoitteilla vaikuttaminen saattaa olla haastavampaa. Voidaan myös ajatella, että tulosten pysyminen ennallaan kasvavalla nuorella on positiivinen löydös.

Vauhtimomentin tulokset tuntuivat vaihtelevan ryhmän sisällä paljon ja näin ollen toiminnallisilla asennonhallinnan harjoitteilla ei saatu täysin haluttua tulosta vauhtimomentin osalta. Selitys jalkapalloilijan kasvaneeseen liikkeeseen tasapainon kompensoinnissa ja mittauksissa voi olla eräänlainen sovellettu asennonhallinta, jossa

ulkoisia tasapainoa häiritseviä tekijöitä kompensoidaan voimakkailla refleksillä (Borghuis ym. 2011).

Toinen mittarimme oli Suomen Palloliiton käyttämä ketteryys-koordinaatiorata, jonka tuloksia vertasimme ennen ja jälkeen intervention. Molempien ryhmien tulokset olivat kehittyneet kahdeksan viikon ajanjakson aikana. Tutkimusryhmän tuloksen keskiarvo kehittyi 25 % enemmän kuin vertailuryhmän. Näin ollen voidaan havaita linkki toiminnallisten lantio- alaraajaketjun hallinnan harjoitteiden ja jalkapalloilijan lajinomaisen suorituskyvyn välillä. Myös joukkueen lajiharjoittelulla saattoi olla positiivinen vaikutus koko ryhmän tuloksiin. Tulokset saattavat myös antaa vääristävän kuvan, mikäli alku- ja lopputestejä edeltävien harjoitusten intensiteetti on ollut hyvin vaihteleva. Lisäksi kasvulla saattaa olla vaikutuksensa tutkimuksen tuloksiin.

Ketteryys on jalkapallossa avoin taito, mikä tarkoittaa että pelaaja ei kykene valmistautumaan tilanteeseen etukäteen, vaan joutuu reagoimaan tilanteeseen sen ilmestyessä (Sheppard & Young 2006). Näin ollen tutkimuksessa käytettyä ketteryyden ja koordinaation mittarina toiminutta testiä olisi voinut kehittää vieläkin lajille tyypillisemmäksi ulkoa tulevan ärsykkeen avulla, johon pelaajan tulee reagoida suorituksen aikana. Tämän olisi voinut tehdä esimerkiksi lisäämällä testiin toisen maaliintulo mahdollisuuden joista testattava joutuisi valitsemaan toisen ulkoa tulevan ärsykkeen perusteella. Tällainen ulkoinen ärsyke voisi olla esimerkiksi sattumanvaraisesti osoitettu suuntamerkki. Tässä tapauksessa toiminnallisilla asennonhallinnan harjoitteilla olisi voinut olla suurempi vaikutus tuloksiin lajinomaisuuden näkökulmasta.

Tutkimuksen interventiota olisi voinut kehittää niin, että tutkijat olisivat paikalla jokaisella harjoituskerralla. Vaikka valmentajat ohjeistettiin ohjaamaan ja antamaan palautetta harjoituksista, heiltä puuttuu fysioterapeuttinen näkökulma. Fysioterapeutit ovat liikkumisen ja ihmisen toiminnallisen kapasiteetin arvioinnin asiantuntijoita ja tästä syystä harjoitteiden laadun valvominen olisi saattanut olla tarkempaa (SAMK 2008, 3). Tämä olisi saattanut johtaa yhä parempiin tuloksiin. Kävimme kuitenkin harjoitusten päivittämisen yhteydessä myös arvioimassa harjoitteiden laatua ja mielestämme tuolloin suuria puutteita ei ollut havaittavissa.

Yhteistyömme Musan Salaman kanssa sujui erinomaisesti. Yhteyshenkilönä toimineella MuSan valmennuspäälliköllä oli toiveena saada tutkimuksestamme seuralleen teoriapohjaa sekä kokemusta käytännön tasolla toteutetusta harjoittelusta ja sen tuloksista uutta valmennussuunnitelmaa varten. Mielestämme onnistuimme kyseisen toiveen toteutuksessa kelpollisesti, sillä tutkimuksemme tulokset osoittavat harjoitteilla olevan vaikutusta jalkapalloilijan suorituskykyyn. Opinnäytetyön pohjalta uuden valmennussuunnitelman läpivieminen kyseisten harjoitteiden osalta saattaa olla helpompaa. Lisäksi Musan Salaman käyttöön jäi suunnittelemamme harjoitusohjelma. Tämä mahdollistaa tutkimuksessa käytetyn harjoittelun toteuttamisen myös muilla MuSan juniorijoukkueilla.

Jalkapallon tulevaisuus on yhä kasvavan teorian tiedon myötä matkalla kohti huippuaan. Tulevaisuudessa harjoittelussa panostetaan yhä enemmän tutkittuun tietoon. Tutkimuksemme tarjoaa pohjan jalkapallojuniorien fyysisten ominaisuuksien harjoittelun kehittämiseen. Fyysisessä harjoittelussa tulevaisuudessa korostettaneen jatkossa yhä enemmän harjoitteiden toiminnallisuutta ja oikean suoritustavan merkitystä.

LÄHTEET

- ACSM Guidelines for exercise testing and prescription, eighth edition, 2010: Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 168*
- Ahonen, J., Fogerholm, M. & Haapalainen, J. 2002, Alaraajojen rakenne, toiminta ja kävelykoulu, toinen painos, VK-Kustannus Oy, Lahti, 258*
- Akuthota, V. & Nadler, S.F. 2004, Core Strengthening, Archives of physical medicine and rehabilitation, no. 85 (3 Suppl 1), 86-92*
- Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T. & Fredericson, M. 2008, Core Stability Exercise Principles, Current Sports Medicine Reports, January/February, Vol. 7, Issue 1, 39-44*
- Alapaattikoski, R., Jokinen, J-P., Kiikala, M., Lahti, H., Tiitinen, P. & Talvitie, U. 2006, Miten opettaa tasapainoa vaativia tehtäviä lapselle? Fysioterapia, vol. 53, no. 5, 29-31*
- Biec, E. & Kuczynski. 2010. Postural control in 13- year old soccer players, European Journal of Applied Physiology, Vol. 110, No. 4, 703-708*
- Bjålie, J., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, O.V., Toverud, K.C. 2005, Ihminen fysiologia ja anatomia 1.-2 painos, WSOY, Helsinki, 117*
- Borghuis, A., Lemmink, K., & Hof, AT. L. 2011, Medicine & Science in Sports & Exercise, January, Vol. 43, Issue 1, 108-114*
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A, 2008, Understanding change of direction ability in sport, a review of resistance training studies, Sports Medicine 38 (12), 1045-1063*
- Comerford, M.J. & Mottram, S.L. 2001a, Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction, Manual Therapy 6(1), 3-14*
- Comerford, M.J. & Mottram, S.L. 2001b, Movement and stability dysfunction ± contemporary developments, Manual Therapy 6(1), 15-26*
- Donatelli, R. 2007. Sports-specific rehabilitation. Churchill Livingstone, Elsevier Inc., St. Louis, Missouri, United States of America, 135, 159, 161-162, 247-249, 266*
- Era, P., Sainio, P., Koskinen, S., Haavisto, P., Vaara, M. & Aromaa, A. 2006. Postural balance in a random sample of 7,979 subjects aged 30 years and over. Gerontology no. 52, 204-213*
- Erämetsä, T. & Laakko, E. (1998). Kuntosaliharjoittelu. Teoksessa Heinonen, M., Lahtinen- Suopanki, T., Leppänen, M., Vestervik, K., Pehkonen, S., Mäkelä, T., Ahonen, J., Erämetsä, T., Laakko, E., Tossavainen, M., Salmelin, M., Montag, HJ. & Asmussen, PD. Lihashuolto- hieronta, kuntosaliharjoittelu, teippaus ja venyttely. VK-kustannus. Lahti.*

FIFA:n [www-sivut](http://www.fifa.com/mm/document/fifafacts/bcoffsurv/bigcount2006faq_9332.pdf). Viitattu 1.4.2011.

http://www.fifa.com/mm/document/fifafacts/bcoffsurv/bigcount2006faq_9332.pdf

Filipa, Byrnes, Paterno, Myer & Hewett 2010, Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes, *The journal of orthopaedic and sports physical therapy*, vol. 40, no. 9, 551-558

Fousekis, K., Tsepis E. & Vagenas, G. 2010. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2- year follow-up, *American journal of sports medicine* vol. 33, no. 7, 1003-1010

Gibbons, S.G.T. & Comerford, M.J. 2001, *Strength versus stability: Part 1: Concept and terms*, *Orthopedic Division Review*, March/April, 21-27

Hakkarainen, H., Jakkola, T., Kalaka, S., Lämsä, J., Nikander, A. & Riski, J. 2009, *Lasten ja nuorten urheiluvalmennuksen perusteet*, VK-Kustannus Oy, Lahti, 201

Herrera, J.E. & Cooper, C. 2008. *Essential sports medicine*. Humana Press, USA, 115-117, 133-135, 151

Huber, F.E. & Wells, C.L. 2006. *Therapeutic Exercise, Treatment planning for progression*. Saunders/Elsevier Inc. USA, 128, 130

Huston, L.J & Wojtys, E.M. 1996, Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes, *The american journal of sports medicine*, July vol.24, no. 4, 427-436

Kakralapudi, T.K. & Bickerstaff, D.R. 2000, *Knee instability: isolated and complex*, *British journal of sports medicine* 34, 395-400

Koistinen, J., Airaksinen, O., Grönblad, J., Kangas, J., Kouri, J-P., Kukkonen, R., Leminen, P., Lindgren, K-A., Mänttari, T., Paatelma, M., Pohjolainen, T., Siitonen, T., Tapaninen, M., van Wijmen, P. & Vanharanta, H. 2005. *Selän rakenne, toiminta ja kuntoutus* 2.ed. Lahti: VK-Kustannus, 26, 178-182

Komi, P. 1996, *Strength and power in sport*. Vol 3 , Oxford, Blackwell, 321

Kunz, M. 2007. 265 million playing football. *FIFA magazine*, 1

Lee, D. 2004, *The pelvic girdle: an approach to the examination and treatment of the lumbopelvic-hip region*, 3rd edition, Churchill Livingstone, 15, 20-34

Magee, D.J., Zachazewski, J.E. & Quillen, W.S. 2007. *Scientific foundations and principles of practice in musculoskeletal rehabilitation*. Saunders, Elsevier Inc.

Magee, D.J. 2008, *Orthopedic physical assessment* 5 edition, Saunders, Canada, 617-618, 659-660, 844

- Mandelbaum, B.R., Silvers, H.J., Watanabe, D.S., Knarr, J.F., Thomas, S.D., Griffin, L.Y., Kirkendall, D.T. & Garrett, W. 2005. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-Year Follow-up. *The american journal of sports medicine*, vol 33, no. 7.
- Mero, A., Keskinen, K. & Nummela, A. 1997. *Nykyaikainen urheiluvalmennus*. Mero Oy, Jyväskylä, 546
- Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2007, *Urheiluvalmennus toinen painos*, VK-Kustannus Oy, Lahti, 10-14, 22, 28
- Middleditch, A. & Oliver, J. 2005, *The functional anatomy of the spine*, 2nd edition, Elsevier Ltd. USA, 98
- Mitchell, B., Bressel, E., McNair, P.J. & Bressel M.E. 2008, *Effect of pelvic, hip, and knee position on ankle joint range of motion*, *Physical Therapy in Sport* no.9, 202-208
- Myer, F.D., Ford, K.R., Palumbo, J.P. & Hewett T.E. 2005, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 51–60
- Myer, G.D., Chu, D.A., Brent, J.E. & Hewett, T.E. 2008, *Trunk and hip control neuromuscular training for the prevention of knee joint injury*, *Clinics of sports medicine*, vol. 27, no 3, 425–ix
- OFB & Ski Austria, 2004, *Koordinationstraining*, DVD
- Panjabi 1992, *The stabilizing system of the spine. Part 1. Function, dysfunction, adaption, and enhancement*, *Journat of spinal disorders*, vol 5, no. 4, 383-389
- Reimer III, R.C. & Wikstrom, E.A., 2010, *Functional fatigue of the hip and ankle musculature cause similar alterations in single leg stance postural control*, *Journal of Science and Medicine in Sport* no. 13, 161–166
- Richardson, C., Hodges, P. & Hides, J. 2005. *Terapeuttinen harjoittelu ja keskivartalon hallinta*. VK-kustannus. Lahti, 21, 94-99
- Riemann, B.L. & Lephart, S.M. 2002a, *The sensorimotor system, Part I: The physiologic basis of functional joint stability*, *Journal of Athletic Training*, 37(1):71–79
- Riemann, B.L. & Lephart, S.M. 2002b, *The sensorimotor system, Part 2: The role of proprioception in motor control and functional joint stability*, *Journal of Athletic Training*, 37(1): 80–84
- Ruttensteiner, W. & Hitzer, G. 2008, *Challenge 2008, Der österreichische weg techniktraining*, OFB, DVD
- Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2008, *Opetussuunnitelma: Fysioterapian koulutusohjelma*

Sheppard, J.M., Young, W.B., Doyle, T.L., Sheppard, T.A. & Newton, R.U. 2006. An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. *Journal of science and medicine in sport*, 9. 342-349

Shumway-Cook, A. & Woollacot, M. 2007, *Motor control: Translating research into clinical practice*, 3rd edition, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 158-178

Singer, R.N. 1980, *Motor learning and human performance: an application to motor skills and movement behaviors*, third edition. New York, Macmillan publishing, 99

Smith, C.E., Nyland, J., Caudill, P., Brosky, J. & Caborn D.N.M. Chad E. 2008, *Dynamic Trunk Stabilization : A conceptual back injury prevention program for volleyball athletes*, *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* vol. 38, no.11, 703-720

Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., Junge, A., Dvorak, J., Bahr, R. & Andersen, T.E. 2008, *Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomized controlled trial*, *British Medical Journal*, 1-9

Spry, R. & Rutensteiner, W. 2008, *The Austrian way conditioning training*, OFB, Austrian football association, DVD

Steffen, K., Bakka, H.M., Myklebust, G. & Bahr, R. 2008 *Performance aspects of an injury prevention program: a ten-week intervention in adolescent female football players*, *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 1-9

Steffen, K., Myklebust, G., Olsen, O.E., Holme, I & Bahr, R. 2008, *Preventing injuries in female youth football – a cluster-randomized controlled trial*, *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 1-7

Suomen palloliitto, Suomen huippu-urheilun keskus, 2005, *Jalkapalloilijan fyysinen testaus vhs-video*, Jyväskylä

Trew, M. & Everett, T. 2005, *Human movement*, 5th edition, Churchill Livingstone, USA, 244

Whyte, G. 2006, *The physiology of training*, Churchill Livingstone Elsevier, UK, 5-7

Williams, G.M., Chmielewski, T., Rudolph, K.S., Buchanan T.S. & Snyder-Mackler, L. 2001, *Dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientists*, *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, vol. 31, no. 10 october, 546-566

HARJOITUSOHJELMAT

Viikko 1-2

Vaaka

Vastakkainen polvi + vastakkainen kämmen kosketus

Askelkyykky pallo käsissä + kiertoliike

Yhden jalan kyykky toisen jalan päkiällä tukien

Yhdellä jalalla hyppely + parin horjutus

Viikko 3-5

Vaaka

Vastakkainen polvi + vastakkainen kyynärpää kosketus

Askelkyykky jatkuvana liikkeenä eteenpäin + pallo sivulle

Askelkyykky sivulle pallo käsissä + kierto

Yhdellä jalalla hyppely + parin horjutus

Viikko 6-8

Vaaka

Kurkotus kohti kartiota

Askelkyykky eteen + kurkotus ylös/alas

Yhdellä jalalla seisten pallon otto maasta käsillä -> vienti ylös

Luisteluhyppy kartion yli jatkuvana liikkeenä

HARJOITTEET SANALLISESTI OHJATTUNA

Vaaka

- Ohjaa: - Ota tukeva asento. Vie paino toisen jalan varaan ja pidä tukijalan polvessa pieni koukistus (ei suorana)
- Vie jalka ja ylävartalo vaakatasoon kuvan osoittamalla tavalla
- Pidä asento 5s tai niin kauan kuin hallinta pysyy hyvänä, jonka jälkeen paluu rauhassa alkuasentoon. Tee liike uudelleen.
- Huomioi: - Selän tulee pysyä suorassa! Mielummin selkä suorana ja jalka hieman alempana, kuin selkä kaarella.

Vastakkainen polvi + vastakkainen kämmen kosketus

- Ohjaa: - Liike suoritetaan seisten normaalia hieman leveämmässä haara-asennossa
- Vie paino tukijalalle ja saman puolen käsi yläviistoon (kello kaksi)
- Suorita liike viemällä ylhäällä oleva kämmen ja vastakkainen polvi yhteen noin navan korkeudella. Tämän jälkeen palaa rauhallisesti alkuasentoon.
- Huomioi: - Selän asento (Selkä pysyy suorana koko suorituksen ajan, mutta ei kumarruta eteen)
- Tukijalan polvi-varvaslinjaus (Polvi ja varpaat osoittavat samaan suuntaan)

Askelkyykky pallo käsissä + kiertoliike

- Ohjaa: - Askelkyykyn pituus on hieman normaalia askelta pidempi
- Kiertoliike samanaikaisesti kuin askelkyykky (Pallo navan korkeudella)
- Kiertoliike edessä olevan jalan yli
- Ylös noustessa kiertoliike takaisin alkuasentoon, josta jatketaan toisella jalalla
- Huomioi: - Polvi-varvaslinjaus (Polvi ja varpaat osoittavat samaan suuntaan, polvi ei ylitä varpaiden tasoa)
- Selän asento (Selkä pysyy suorana koko suorituksen ajan, mutta ei kumarruta eteen)

Yhden jalan kyykky toisen jalan päkiällä tukien

- Ohjaa: - Alkuasento: Vie toinen jalka taakse niin, että vain päkiä koskettaa maata. Paino on etummaisella jalalla, takimmaisen jalan ollessa vain tukiasteena.

- Suorita alkuasennosta yhden kyykky niin, että paino on lähes täysin etummaisella jalalla.

Yhdellä jalalla hyppely + parin horjutus

- Ohjaa:
- Alkuasento: tuo toisen jalan nilkka vastakkaisen jalan pohkeen puolivälin korkeudelle
 - Suorita tässä asennossa pieniä hyppyjä paikallaan päkiällä.
 - Samanaikaisesti toinen parista suorittaa horjuttavia tuuppimisia (edestä, takaa ja sivuilta), joiden aikana hyppivä osapuoli yrittää pysyä mahdollisimman paikallaan

Askelkyykky sivulle pallo käsissä + kierto

- Ohjaa:
- Askelkyykyn pituus hieman normaalia sivuaskelta pidempi
 - Kiertoliike samanaikaisesti kuin askelkyykky (Pallo navan korkeudella)
 - Kiertoliike sivulle askeltavan jalan yli
 - Ylös noustessa kiertoliike takaisin alkuasentoon
- Huomioi:
- Polvi-varvaslinjaus
 - Selän asento
 - Tukijalka suoristuu suorituksen aikana
 - Suoritetaan yksi puoli kerrallaan

Vastakkainen polvi + vastakkainen kyynärpää kosketus

- Ohjaa:
- Liike suoritetaan seisten normaalia hieman leveämmässä haara-asennossa
 - Vie paino tukijalalle ja saman puolen käsi yläviistoon (kello kaksi)
 - Suorita liike viemällä ylhäällä oleva kyynärpää ja vastakkainen polvi yhteen noin navan korkeudella. Tämän jälkeen palaa rauhallisesti alkuasentoon.
- Huomioi:
- Selän asento (Selkä pysyy suorana koko suorituksen ajan, mutta ei kumarruta eteen)
 - Tukijalan polvi-varvaslinjaus (Polvi ja varpaat osoittavat samaan suuntaan)

Kurkotus kohti kartiota

- Ohjaa:
- Alkuasento: Vie toinen jalka taakse niin, että vain päkiä koskettaa maata. Paino on etummaisella jalalla, takimmaisen jalan ollessa vain tarvittaessa tukipisteenä.
 - Suorita rauhallinen kumarrus tasapaino kokoajan säilyttäen kohti vastakkaista kartiota yhdellä kädellä, jonka jälkeen nouse aloitusasentoon ja suorita sama toisella kädellä
- Huomioi:
- Tukijalan polvi-varvaslinjaus (polvi ja varpaat osoittavat samaan suuntaan, polvi ei ylitä varpaiden tasoa)

- Selän asento (Selkä pysyy suorana koko suorituksen ajan)

Askelkyykky eteen + kurkotus ylös/alas

Ohjaa: - Ota normaalia hieman pidempi askel eteen ja suorita kyykistys edessä olevalla jalalla. Nosta samanaikaisesti molemmat suorina ylös pään vierele säilyttäen selän hyvä asento. Palaa alkuasentoon ja suorita sama liike (samalla jalalla) viemällä kädet alas edessä olevan jalan viereen.

Huomioi: - Polvi-varvaslinjaus (polvi ja varpaat osoittavat samaan suuntaan, polvi ei ylitä varpaiden tasoa)

- Selän asento (Selkä pysyy suorana koko suorituksen ajan)

Yhdellä jalalla seisten pallon otto maasta käsillä -> vienti ylös

Ohjaa: - Alkuasento: Vie toinen jalka taakse niin, että vain päkiä koskettaa maata. Paino on etummaisella jalalla, takimmaisen jalan ollessa vain tukipisteenä.

- Suorita rauhallinen kumarrus tasapaino kokoajan säilyttäen kohti palloa

tartu palloon ja vie se rauhallisesti ylös pään päälle kädet suorina, jonka jälkeen vie pallo takaisin maahan hallitusti.

Huomioi: - Tukijalan polvi-varvaslinjaus (polvi ja varpaat osoittavat samaan suuntaan, polvi ei ylitä varpaiden tasoa)

- Selän asento (Selkä pysyy suorana koko suorituksen ajan)

Luisteluhyppy kartion yli jatkuvana liikkeenä

Ohjaa: - Suorita luistelunomaisia hyppyjä sivuttais-suunnassa. Hyppy suoritetaan ulommaisella jalalla kartion yli, jonka jälkeen suoritetaan hyppy takaisin toisella jalalla. Tärkeää on että liike suoritetaan rauhallisella tahdilla tasapaino halliten.

Huomio: - Ponnistavan jalan polvi-varvaslinjaus (polvi ja varpaat osoittavat samaan suuntaan, polvi ei ylitä varpaiden tasoa)

- Selän asento (Selkä pysyy suorana koko suorituksen ajan)

HARJOITUKSET KUVINA



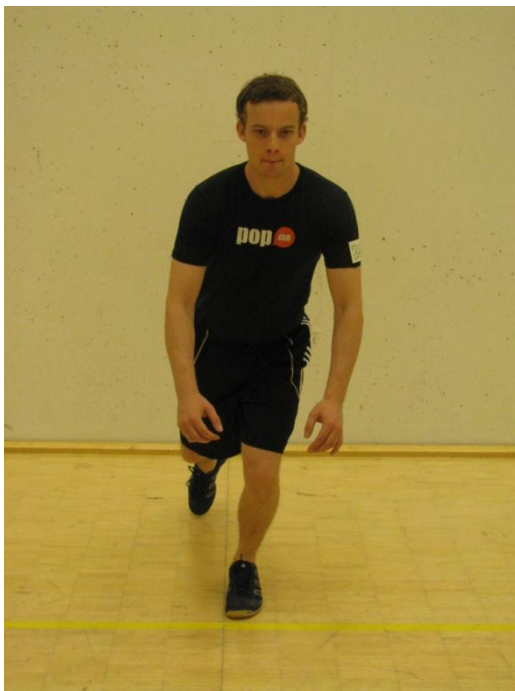
Vaaka



Vastakkainen polvi + vastakkainen kämmen kosketus



Askelkyykky pallo käsissä + kierto liike



Yhden jalan kyykky toisen jalan päkiällä tukien



Yhdellä jalalla hyppely + parin horjutus



Vastakkainen polvi + vastakkainen kyynärpää kosketus



Askelkyykky sivulle pallo käsissä + kierto



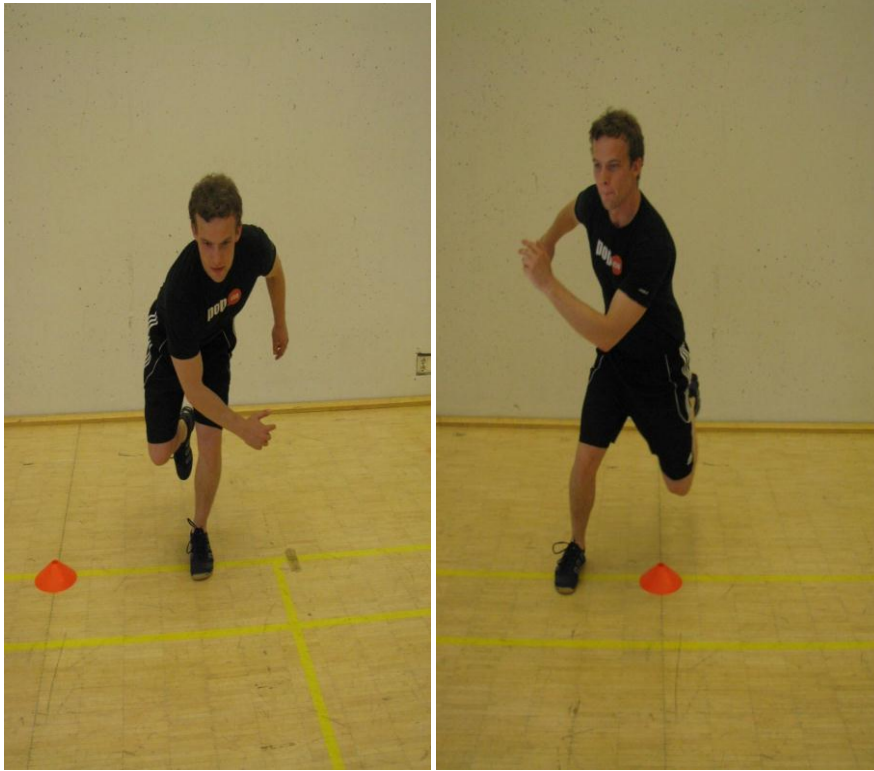
Kurkotus kohti kartiota



Askelkyykky eteen + kurkotus ylös/alas



Yhdellä jalalla seisten pallon otto maasta käsillä -> vienti ylös



Luisteluhyppy kartion yli jatkuvana liikkeenä